DIE NATURWISSENSCHAFTEN

Herausgegeben von

Dr. Arnold Berliner und Prof. Dr. August Pütter

Fünfter Jahrgang. 8. Juni 1917. Heft 23.

Der Streit um das Elektron.

Von Prof. Dr. Walter König, Gießen.

Seit acht Jahren laufen zwei Reihen großer Experimentaluntersuchungen nebeneinander her, die dasselbe Problem nahezu gleichzeitig und unabhängig voneinander nach der gleichen Beobachtungsmethode in Angriff genommen haben und die physikalische Welt dauernd in Spannung erhalten durch den scharfen Gegensatz, in dem sie in bezug auf die Deutung ihrer Versuchsergebnisse zueinander stehen. Die eine dieser Reihen wird in Amerika von *Millikan* und seinen Schülern in Chicago durchgeführt, die andere von *Ehrenhaft* und seinen Schülern in Wien mit Unterstützung der Wiener Akademie. Das Interesse an diesen Untersuchungen aber ist das denkbar größte; denn es handelt sich um eines der Grundprobleme der modernen Elektrizitätslehre, um die Frage nach der atomistischen Struktur der Elektrizität und nach der Größe der Ladung, die man dem elektrischen Atom, dem Elektron, zuzuschreiben hat. Die Arbeiten der ersten Gruppe sind in der Physical Review, gelegentlich auch im Philosophical Magazine, und die wichtigeren von ihnen in deutscher Übersetzung in der Physikalischen Zeitschrift erschienen. Die Arbeiten der andern Gruppe finden sich vor allem in den Berichten der Wiener Akademie, in kürzerer Form auch in der Physikalischen Zeitschrift. Eine größere und in gewissem Sinne abschließende Arbeit veröffentlichte *Ehrenhaft* 1914 in den Annalen der Physik. Nachdem nun kürzlich auch *Millikan* in den Annalen der Physik und in der Physical Review eine Übersicht von seinem Standpunkt aus gegeben hat, kann man es wohl unternehmen, den Sinn des Streitfalles, seine Entwicklung und seinen gegenwärtigen Stand auf Grund des vorhandenen Materials darzulegen.

1. Die Vorgeschichte des Problems. Wir pflegen in Deutschland den Gedanken des atomistischen Baues der Elektrizität auf *Helmholtz* zurückzuführen, der ihn 1881 in seiner Faraday-Vorlesung ausgesprochen hat. Aber es muß zugestanden werden, daß der Gedanke schon 7 Jahre früher von *Johnstone Stoney* auf der Versammlung der British Association in Belfast 1874 entwickelt worden ist, allerdings in einem anderen Zusammenhange als bei *Helmholtz* — nämlich in einem Vortrage über physikalische Natureinheiten[1]) — aber doch in voller Klarheit und sogar schon mit rechnerischer Auswertung der Größe der Elementarladung. Den Ausgangspunkt des ganzen Gedankenganges bildet *Faradays* Gesetz der Elektrolyse. Mit jedem Äquivalent eines beliebigen Ions, das an einer Elektrode abgeschieden wird, geht die gleiche Elektrizitätsmenge an die Elektrode über. Nimmt man den atomistischen Bau der Materie an, so muß an jeder Valenz jedes einzelnen Atoms die gleiche elektrische Ladung haften. Dann erscheint — zunächst wenigstens auf dem Gebiete der elektrolytischen Leiter — die Elektrizität ebenso atomistisch gegliedert wie die Materie. Sie besteht aus lauter kleinsten Teilchen von gleicher Größe, die man Valenzladungen, Elementarquanten oder elektrische Atome genannt hat, und für die derselbe *Stoney*, der den Gedanken zuerst gefaßt hat, in einer späteren Abhandlung (1891) den jetzt üblichen Namen Elektronen geprägt hat. Man kann die Größe des Elektrons aus dem elektrochemischen Äquivalent berechnen, wenn man die Zahl der Atome kennt, die ein Grammäquivalent eines Elektrolyten ausmachen. Denn das elektrochemische Äquivalent (96 540 Coulomb $= 290 \cdot 10^{12}$ elektrostatischen Elektrizitätseinheiten) ist diejenige Elektrizitätsmenge, die zusammen mit einem Grammäquivalent eines Ions, also z. B. mit einem Gramm Wasserstoff an der Elektrode abgeschieden wird. Ist N die Anzahl der Moleküle, die ein Grammolekül eines Stoffes, also z. B. 2 Gramm Wasserstoff, enthält, so ist die Zahl der Atome von 2 Gramm Wasserstoff doppelt so groß, also die Zahl der Atome in 1 Gramm Wasserstoff $= N$, und die Größe des Elektrons e ergibt sich aus der Beziehung, daß $N \cdot e$ gleich dem elektrochemischen Äquivalent sein muß. Die Zahl N ist zuerst von *Loschmidt* auf Grund der Vorstellungen der kinetischen Gastheorie berechnet worden. Mit dieser Zahl hat *Stoney* die erste Berechnung von e zu $0{,}3 \cdot 10^{-10}$ elektrostatischen Einheiten durchgeführt. Die neueren Ergebnisse der kinetischen Gastheorie würden einen höheren Wert, etwa $4{,}75 \cdot 10^{-10}$ ergeben.

Diese aus der Elektrolyse geschöpften Anschauungen erfuhren im letzten Jahrzehnt des vergangenen Jahrhunderts eine außerordentliche Erweiterung und Vertiefung einerseits durch die neuen Forschungen über die Natur der Kathodenstrahlen, die als freie negative Elektrizitätsquanten erkannt wurden, und anderseits durch die Untersuchungen über die Elektrizitätsleitung in Gasen, die vor allem in England von *J. J. Thomson* und

[1]) Der Vortrag ist am 16. Februar 1881 noch einmal der Royal Dublin Society vorgelegt und im Mai desselben Jahres auch im Phil. Mag. veröffentlicht worden. *Helmholtz* hielt seine Faradayrede am 5. April desselben Jahres vor der Chemischen Gesellschaft in London.

seinen Schülern durchgeführt wurden. Nachdem auch hier der konvektive Charakter dieser Elektrizitätsleitung, die Leitung durch Ionenbewegung, festgestellt war, drängte sich naturgemäß die Frage auf, ob auch bei diesen Erscheinungen die elektrischen Ladungen von der Größe des Elementarquantums wären. Diese Frage wurde zuerst durch *Townsend* und *J. J. Thomson* beantwortet. Sie maßen die Gesamtladung, die eine gewisse Ionenmenge mit sich führte, und dividierten sie durch die Zahl der Ionen. Diese aber ermittelten sie in sehr origineller Weise dadurch, daß sie die Ionen als Kondensationskerne einer durch adiabatische Ausdehnung in feuchter Luft erzeugten Nebelbildung benutzten. Aus der Geschwindigkeit, mit der die gebildete Nebelwolke niedersank, konnte die Größe der Nebeltröpfchen berechnet werden nach einer bekannten und viel benutzten Formel von *Stokes*, die die Fallgeschwindigkeit einer Kugel in einer reibenden Flüssigkeit ausdrückt; außerdem aber konnte die Gesamtmenge des kondensierten Wassers aus dem Grade der angewandten Expansion berechnet werden. Diese Menge dividiert durch die Masse des einzelnen Tröpfchens ergab die Zahl der Tropfen und damit die Zahl der Ionen unter der Voraussetzung, daß jeder Tropfen ein Ion als Kern enthält und jedes Ion einen Tropfen gebildet hat. Die nach dieser Methode gewonnenen Zahlen für die mittlere Ionenladung lagen zwischen 6,7 und $3{,}4 \cdot 10^{-10}$, also durchaus um den Wert herum, den die Elektrolyse für das Elementarquantum ergeben hatte.

Eine für die weitere Entwicklung unseres Problemes wichtige Verbesserung der Methode wurde von *H. A. Wilson* erfunden. Er brachte in dem Nebelgefäß einen elektrischen Kondensator an, dessen Kraftlinien genau vertikal standen, und bemaß den Grad der Expansion so, daß sich der Nebel nur auf den negativen Ionen bildete, entsprechend den Erfahrungen, die *C. T. R. Wilson* bei seinen Untersuchungen über die Nebelbildung auf Ionen gemacht hatte. *H. A. Wilson* beobachtete nun die Geschwindigkeit des Sinkens der Nebelwolke, einmal wenn sie nur unter dem Einfluß der Schwerkraft sank (V_0) und dann, wenn ein elektrisches Feld von meßbarer Stärke $\mathfrak{E}$ der Schwere entgegenwirkte (V_1). Diese beiden Beobachtungen ergeben unmittelbar das Verhältnis der Ladung des Tröpfchens e zu seiner Masse m. Denn da die Fallgeschwindigkeit der wirkenden Kraft proportional ist, so ist

$$V_0 = b \cdot m \cdot g \text{ und } V_1 = b\,(m\,g - \mathfrak{E}\,e),$$

woraus folgt:

$$e = \frac{V_0 - V_1}{b\,\mathfrak{E}} = \frac{m \cdot g}{\mathfrak{E}}\,\frac{V_0 - V_1}{V_0}.$$

Aus der ersten der obigen Formeln aber läßt sich m berechnen, indem man für b den von *Stokes* angegebenen Wert $1/6\,\pi\,\mu\,a$ einsetzt, unter a den Tropfenradius, unter μ die Reibungskonstante der Luft verstanden. Also läßt sich aus diesen beiden Beobachtungen unmittelbar der Wert von e berechnen. Wilson fand nach dieser Methode $e = 3{,}1 \cdot 10^{-10}$. *Millikan* und *Begeman* verbesserten das Verfahren, indem sie den auf der Verdampfung des Tröpfchens beruhenden Fehler nach Möglichkeit herabzusetzen suchten, und fanden $e = 4{,}06 \cdot 10^{-10}$, und aus den gleichen Beobachtungen berechnete *Millikan* später unter Berücksichtigung genauerer Werte der Temperatur und des Reibungskoeffizienten $e = 4{,}5 \cdot 10^{-10}$.

2. Die neue Methode der Messung am einzelnen Ion. Die beschriebenen Messungen geben sämtlich den Betrag des Elementarquantums als Mittelwert aus der Gesamtladung einer großen Anzahl von Ionen. Ob dabei jedes einzelne Ion die gleiche Ladung trägt, oder ob der erzielte Wert eben nur der Mittelwert aus vielen sehr ungleichartigen, teils größeren, teils kleineren Werten ist, das läßt sich mit den beschriebenen Methoden nicht entscheiden. Diese Frage unmittelbar in Angriff genommen und ein Verfahren zu ihrer Beantwortung gefunden zu haben, ist der wichtige Fortschritt und das große Verdienst, das in den Arbeiten von *Millikan* und *Ehrenhaft* liegt. Beide sind fast gleichzeitig auf das gleiche Verfahren gekommen, nicht durch Nachdenken oder Suchen, sondern durch gelegentliche Beobachtungen, die sie die Ausführbarkeit dieser neuen Methode empirisch finden ließen, aber beide von ganz verschiedenen Ausgangspunkten aus. *Millikan* hatte, zusammen mit *Begeman*, wie schon erwähnt, die Wilsonschen Versuche wiederholt. Er wollte die Methode noch weiter verbessern, indem er das elektrische Feld des Kondensators so weit steigerte, daß elektrische Kraft und Schwerkraft in den Tropfen sich das Gleichgewicht halten und die Wolke schweben sollte. Aber dieser Versuch mißlang. Die Wolke schwebte nicht als Ganzes; sondern ihre Tröpfchen wurden teils nach oben, teils nach unten an die Kondensatorplatten herangerissen und nur einzelne Teilchen blieben schwebend. Aber eben diese einzelnen Teilchen konnte *Millikan* beobachten, konnte sie längere Zeit schwebend erhalten oder nach oben oder unten wandern lassen, je nach der angelegten Kondensatorspannung, und damit war die neue Methode der Individualbeobachtung der einzelnen Teilchen gefunden.

Für *Ehrenhaft* dagegen lag der Ausgangspunkt unmittelbar in der mikroskopischen Beobachtung einzelner in der Luft schwebenden Teilchen. Er hatte nämlich 1907 eine schöne Untersuchung über die Brownsche Bewegung in Gasen mit Hilfe des Ultramikroskopes durchgeführt. Er beobachtete dabei Metallteilchen, die er aus einem zwischen Metallelektroden brennenden Lichtbogen in die Kammer des Ultramikroskopes hineinsaugte. Als dann im folgenden Jahre *de Broglie* bei Untersuchungen der gleichen Art an Tabakrauch mit Hilfe eines elektrischen Feldes den Nachweis führte, daß die Teilchen Ladungen trügen, führte auch *Ehrenhaft* in seine Rauchkammer einen klei-

nen Kondensator ein, und zwar zunächst mit horizontal gerichteten Kraftlinien, und beobachtete man in seiner ersten auf das Elementarquantum bezüglichen Arbeit die Bewegung seiner Teilchen unter dem Einfluß des elektrischen Feldes einerseits und der Schwerkraft anderseits. Allerdings hat *Ehrenhaft* in dieser 1909 erschienenen Arbeit das Prinzip der Individualbeobachtung insofern noch nicht vollkommen durchgeführt, als er die beiden Beobachtungen zwar an einzelnen Teilchen, aber nicht an denselben Teilchen anstellte. Er maß vielmehr zunächst die elektrische Beweglichkeit an einer großen Anzahl von Teilchen und bildete den Mittelwert dieser Zahlen, und dann die Fallgeschwindigkeit an einer anderen großen Zahl von Teilchen, bildete auch hier den Mittelwert und berechnete aus der Verbindung beider Mittelwerte die mittlere Ladung der Teilchen. Er fand sie für seine Silber- und Zinkteilchen zwischen 4,5 und 4,7 . 10^{-10}, also in guter Übereinstimmung mit den sonstigen Werten des Elementarquantums. Aber dieser Wert war auch nur ein Mittelwert, und noch nicht der Wert einer Einzelladung. Auf die Messung dieser ist *Ehrenhaft* erst in einer zweiten, 1910 erschienenen Arbeit übergegangen, und da er in dieser Arbeit die erste Arbeit von *Millikan* bereits erwähnt, so erscheint es zweifelhaft, ob er das Prinzip der Messung der Einzelladungen selbständig gefunden hat, oder ob er durch *Millikans* Mitteilungen darauf geführt worden ist. Zeitlich wird man *Millikan* den Vorrang nicht streitig machen können. Aber die Frage nach der Priorität beeinträchtigt nicht die Bedeutung, die den Arbeiten *Ehrenhafts* neben denen *Millikans* zukommt. Auch ist es auf alle Fälle von Interesse, zu sehen, wie die Arbeiten *Ehrenhafts* von ganz anderem Ausgangspunkte aus in ganz logischer Entwicklung in die gleichen Bahnen hineinführen, die *Millikan* vorgezeichnet hatte, und wie anderseits gerade die Verschiedenheit der Ausgangspunkte schließlich die Ursache des Widerstreites der Meinungen zwischen den beiden Forschern wird.

3. Die Arbeiten von Millikan. Ich will zunächst die Reihe der Millikanschen Arbeiten für sich besprechen. Sie sind ganz vorzügliche Experimentaluntersuchungen, geradezu vorbildlich in dem rastlosen, zielbewußten Bemühen, die Methode zu vervollkommnen und ihre Ergebnisse sicherzustellen. In seiner ersten Untersuchung arbeitete *Millikan* nach dem Muster der Untersuchungen, von denen er ausgegangen war, mit Nebeltröpfchen. Aus der Fallgeschwindigkeit des Tropfens im Erdfelde und aus der elektrischen Feldstärke, die ihn zum Schweben bringt, berechnet er die Ladung des Tropfens. Er findet sehr verschiedene Ladungen an verschiedenen Tropfen. Aber sie haben nicht beliebige Werte, sondern zeigen ganz bestimmte Differenzen gegeneinander und lassen sich alle als ganze Vielfache einer Grundzahl darstellen. Mit welcher Genauigkeit das möglich ist, mögen folgende Zahlen zeigen. *Millikan* fand bei 6 Reihen von Beobachtungen an Einzeltropfen folgende Ladungen:

13,77	18,25	9,284 · 10^{-10}
= 3 × 4,59	4 × 4,56	2 × 4,64 · 10^{-10}
24,14	9,742	28,16 · 10^{-10}
= 5 × 4,83	2 × 4,87	6 × 4,69 · 10^{-10}.

Der Mittelwert dieser Grundzahl, 4,65 . 10^{-10} entspricht recht gut den auf anderen Wegen ermittelten Werten der Elementarladung.

Aber diese Wassertröpfchen haben die störende Eigenschaft, im Laufe der Beobachtung durch Verdunstung immer kleiner zu werden. Man sieht sie in einem konstanten Feld von passender Stärke anfangs sinken, dann schweben, schließlich steigen. Daher ersetzte *Millikan* in der nächsten Arbeit (von 1910) das Wasser durch nicht flüchtige Flüssigkeiten, Öl, Quecksilber, Glycerin. In dem oberen Teil eines zylindrischen Gefäßes, in dessen unterem Teil der Kondensator aufgestellt ist, wird die Flüssigkeit mit Hilfe eines Zerstäubers in feine Tröpfchen zerstäubt. Durch eine Öffnung in der oberen Kondensatorplatte gelangt ein einzelnes Tröpfchen zwischen die Platten. Die Öffnung wird geschlossen; das Tröpfchen wird durch passend angelegte Potentialdifferenzen zwischen den Platten auf- und abbewegt und seine Durchgangszeiten durch bestimmte Marken im Beobachtungsfernrohr werden gemessen. Jetzt gelingt es, einen einzelnen Tropfen stundenlang, bis zu $4^1/_2$ Stunden, zu beobachten. Mit dieser verfeinerten Methode führt *Millikan* den Nachweis der atomistischen Struktur der Elektrizität in dreifacher Form. Erstens besitzen die Tropfen eine Anfangsladung, die von der Reibung beim Zerstäuben herrührt. Zweitens ändern sich ihre Ladungen, wenn die Luft, in der sie schweben, ionisiert wird, indem sie Ionen auffangen. Drittens können sie durch Bestrahlung mit Röntgenstrahlen veranlaßt werden, negative Ladungen abzugeben. In allen drei Fällen ergeben die Messungen *Millikans*, daß die Ladungen niemals willkürliche Werte, sondern stets ganze Vielfache einer und derselben Grundladung sind, und daß alle Ladungsänderungen durch Ionenfang oder Elektronenabspaltung sich stets in Sprüngen von dem Betrag dieser Grundladung (gelegentlich auch mehrerer Grundladungen) vollziehen. Aber bei der Berechnung des Betrages dieser Grundladung e aus den Beobachtungen an vielen Tropfen von verschiedener Größe ergibt sich eine Abhängigkeit des Wertes von e von der Tropfengröße; für kleine Tropfen wächst e stark an. Diese Tatsache erklärt sich durch den Umstand, daß das Stokessche Gesetz für den Reibungswiderstand in seiner einfachen Form nicht mehr gültig ist, wenn der Durchmesser des Tröpfchens von der Größenordnung der mittleren Weglänge der Gasmoleküle ist. *Millikan* verbessert die Stokessche Formel durch Hinzufügung eines Korrektionsgliedes, das in seiner Form einer von *Cunningham* vorgeschlagenen Abänderung des Stokesschen Gesetzes entspricht.

dessen Konstante er aber empirisch aus seinen Beobachtungen bestimmt. Mit dieser Verbesserung berechnet er nun den Endwert von e aus den Messungen dieser zweiten Arbeit zu $4{,}891 \cdot 10^{-10}$. Der neue Wert ist nicht unbeträchtlich größer als der ältere. *Millikan ist* geneigt, den Unterschied auf Fehler der älteren Versuche, und zwar auf die Unsicherheit des Zustandes in der Nebelkammer, zurückzuführen. Aber er sieht sich durch diese Nichtübereinstimmung der Endwerte der beiden Messungsreihen zu einer kritischen Beurteilung des ganzen Verfahrens veranlaßt, die ihn zu einer Neubestimmung aller in der Formel vorkommenden Größen, zu neuen Verbesserungen der Apparatur und zu einer weiteren Variation der Versuchsbedingungen führt. Die neuen Ergebnisse werden in einer dritten großen Arbeit 1913 veröffentlicht. Hier ist vor allem die Reibungskonstante der Luft nach 5 verschiedenen Methoden neu bestimmt worden. Ferner ist das optische System zur Beobachtung der Tropfen wesentlich verbessert; zur Vermeidung von Konvektionsströmen zwischen den Kondensatorplatten ist der Apparat von einem Wasserbad umgeben, und endlich ist er so umgestaltet, daß die Versuche bei beliebigen Gasdrucken ausgeführt werden können. Er beobachtet 58 Tropfen, bei denen der Radius von $4{,}69 \cdot 10^{-5}$ bis $58{,}56 \cdot 10^{-5}$ cm, die Ladung von 1 e bis 136 e, der Gasdruck von 4,46 bis 76,27 cm Quecksilber variiert, und zieht aus der Vergleichung dieser Beobachtungen einige wichtige Schlüsse: daß der Reibungswiderstand durch die Ladung der Tröpfchen nicht verändert wird, daß die Öltropfen sich wie feste Kugeln verhalten und ihre Dichtigkeit von der des Öls im ganzen nicht verschieden ist. Nach all diesen Feststellungen und nachdem sich die atomistische Struktur der Ladungen wieder wie bei den früheren Untersuchungen ergeben hat, berechnet er den Wert der Elementarladung schließlich im Mittel dieser neuesten Messungen zu $4{,}774 \cdot 10^{-10}$. Die letzte, 1916 erschienene Arbeit bringt lediglich eine Bestätigung dieses Ergebnisses durch weitere Messungen an Quecksilbertropfen in Luft und an Öltropfen in Luft und in Wasserstoff, bei denen er mit dem Tropfenradius bis auf $2{,}5 \cdot 10^{-5}$ cm heruntergeht.

Man muß zugeben, daß die Aufgabe, die sich *Millikan* gestellt hatte, die atomistische Struktur der Elektrizität nachzuweisen, in diesen Arbeiten glänzend gelöst ist. Alle Ladungen, die er gemessen hat, erscheinen als Vielfache einer Elementarladung, als zusammengesetzt aus elektrischen Atomen oder Elektronen von durchaus gleicher Größe, die rund zu $4{,}8 \times 10^{-10}$ elektrostatischen Einheiten anzunehmen ist.

b. Die Arbeiten von Ehrenhaft. Ganz anders lautet das Ergebnis bei *Ehrenhaft*. Mit nicht minderer Entschiedenheit und mit nicht geringerem Aufwand an Beobachtungsmaterial sucht er in vollem Gegensatz zu *Millikan* zu beweisen, daß die elektrischen Ladungen keineswegs an die angegebene untere Grenze gebunden seien, sondern daß sich wesentlich kleinere Ladungen nachweisen lassen. Man hat solche Ladungen dann als *Subelektronen* bezeichnet. Gleich in der ersten Arbeit, in der er sich mit der Messung von Einzelladungen beschäftigt (der zweiten von den oben erwähnten Arbeiten, die er 1910 veröffentlichte und über die er auf dem Naturforschertag in Königsberg berichtete), stellte er diese Behauptung auf. Entsprechend dem Ausgangspunkte seiner Untersuchungen beobachtete er wieder mit dem Ultramikroskop kleine Metallteilchen, die aus einem zwischen Elektroden aus dem betreffenden Metall brennenden Lichtbogen in die Beobachtungskammer hineingesaugt wurden. In dieser Kammer war jetzt nach dem Muster von *Wilson* ein kleiner Kondensator mit vertikal gerichteten Kraftlinien angebracht, und er maß einerseits die Fallzeit eines Teilchens im Schwerefeld und anderseits die Hebezeit desselben Teilchens durch dieselbe Strecke in einem der Schwere entgegenwirkenden elektrischen Felde. Die nach der einfachen Stokesschen Formel berechneten Halbmesser seiner Teilchen lagen bei Gold zwischen 0,35 und $1{,}29 \times 10^{-5}$, bei Platin zwischen 0,44 und $1{,}47 \times 10^{-5}$, bei Silber zwischen 0,60 und $2{,}83 \times 10^{-5}$ cm. Um auch hier ein Beispiel für die Ergebnisse der Ladungsmessungen zu geben, teile ich folgende Zahlen mit. An 22 Silberteilchen von den Radien $2{,}83$ bis $1{,}015 \times 10^{-5}$ cm findet *Ehrenhaft* die nach abnehmender Größe der Teilchen geordneten Ladungen: 24,2, 26,6, 18,5, 17,3, 15,2, 19,8, 11,8, 14,3, 11,9, 13,4, 7,0, 4,1, 6,5, 9,5, 8,5, 3,1, 4,1, 3,6, 3,1, 5,3, 5,7, $4{,}4 \times 10^{-10}$; an 8 weiteren Teilchen mit den Radien 0,95 bis $0{,}60 \times 10^{-5}$ cm die Ladungen: 2,3, 3,0, 6,5, 1,4, 2,0, 3,0, 2,4, $0{,}9 \times 10^{-10}$. Man sieht daraus, daß bei den größeren Teilchen die Ladungen zwar von der Größe des Elektrons oder seiner ganzen Vielfachen im Millikanschen Sinne sind (es kommen allerdings auch Zwischenwerte vor, die nicht ganzen Vielfachen von e entsprechen), daß aber von gewissen Teilchengrößen an ganz auffällige Unterschreitungen des Elementarquantums vorkommen. Sie beginnen bei allen untersuchten Metallen zur Regel zu werden etwa von der Größenordnung $1{,}0 \times 10^{-5}$ cm an. Je kleiner die Teilchen sind, um so kleiner erscheinen auch ihre Ladungen. Eine weitere Arbeit aus dem Jahre 1911 bringt eine Wiederholung dieser Untersuchung und eine Bestätigung der Ergebnisse; als Mittelwert der Ladungen seiner kleinen Metallteilchen gibt er hier an $1{,}7 \times 10^{-10}$ für Silber, $1{,}0 \times 10^{-10}$ für Gold, also Werte, die nicht größer als ein Drittel bis ein Viertel des Millikanschen Wertes sind. Auf Grund dieses Befundes stellt *Ehrenhaft* den Satz auf, daß mit immer kleinerer Kapazität der Teilchen auch ihre Ladungen immer kleiner würden, und daß man daher, um ein Urteil über die kleinsten nachweisbaren Ladungen zu gewinnen, mit der Untersuchung der Teilchen bis an die äußerste Grenze des ultramikroskopischen Sehens

heruntergehen müßte. Dieser Satz ist der eigentliche Kern der Ehrenhaftschen Arbeiten. Er geht aus der Anwendung des Ultramikroskopes hervor, von der *Ehrenhaft* ausging und an der er bis heute festgehalten hat, nachdem er nun einmal mit dieser Methode seine besonderen, von denen anderer Forscher abweichenden Ergebnisse erhalten hatte. *Millikans* Beobachtungsmethode ist ja im Grunde die gleiche wie jene, die beim Ultramikroskop angewendet wird; das schwebende Teilchen wird von der Seite intensiv beleuchtet und erscheint vor dunklem Hintergrunde als heller Stern. Aber er beobachtet es mit einem Fernrohr, einem optischen System von mäßiger Vergrößerung, mit dem er nur größere Tröpfchen, aber nicht so kleine Teilchen, wie sie *Ehrenhaft* benutzte, beobachten konnte. Entsprechend sind auch alle Ausmaße seiner Apparate größer. Sein Kondensator hat 20 cm Durchmesser und 1,6 cm Plattenabstand, und der Fallraum, den er die Tröpfchen durchmessen läßt, beträgt 1 cm und gelegentlich noch mehr. *Ehrenhaft* beobachtet mit starkem Mikroskop von 220- bis 1000-facher Vergrößerung; seine Kondensatorplatten haben nur 14 mm Durchmesser und stehen in 1,8 bis 1,9 mm Abstand, und der Fallraum seiner Teilchen beträgt nur einige Zehntel eines Millimeters. Es handelt sich also bei dem Streit zwischen *Millikan* und *Ehrenhaft* nicht etwa um eine Verschiedenheit der Ergebnisse an den gleichen Objekten nach den gleichen Beobachtungsmethoden, sondern um eine verschiedene Beantwortung derselben Frage in zwei ganz verschiedenen Größenbereichen der untersuchten Objekte, und zwar in Bereichen, die sich auch nicht einmal stellenweise überdecken, sondern nur eben berühren. Denn bei *Millikan* geht die Größe seiner Tröpfchen nicht unter $2{,}5 \times 10^{-5}$ cm. *Ehrenhaft* dagegen arbeitet mit Teilchen, die fast immer unterhalb dieser Grenze liegen; außerdem findet er an den größeren seiner Teilchen, etwa zwischen 2,5 und $1{,}0 \cdot 10^{-5}$ cm, im allgemeinen Ladungen, die sich nicht in so auffälliger Weise von den Millikanschen Werten unterscheiden; erst bei noch kleineren Teilchen treten die merkwürdigen Unterschreitungen des Elementarquantums ganz regelmäßig auf. Man könnte nun denken, daß *Ehrenhaft* auf Grund seiner Anschauung von der Abhängigkeit der Ladung von der Teilchengröße notwendig den atomistischen Bau der Elektrizität überhaupt leugnen müßte. Allein auch er hat im weiteren Verlaufe seiner Untersuchungen die Umladungen seiner Teilchen in einem ionisierten Gase beobachtet und gemessen, und hier muß er zugeben, daß diese Umladungen entschieden quantenhaft verlaufen. Auch er findet, daß sich die verschiedenen Ladungen eines und desselben Teilchens als ganze Vielfache einer Grundladung ansprechen lassen. Also geht der Streit nicht um die Behauptung des atomistischen Baues der Elektrizität überhaupt, sondern um die Frage nach der Größe des elektrischen Atoms. Diese glaubt *Ehrenhaft* auf Grund seiner Messungen wesentlich tiefer ansetzen zu müssen, als der Vorstellung entspricht, die das elektrische Atom der Valenzladung des materiellen Atomes gleich setzt; er vermutet in seiner letzten Arbeit, daß sie höchstens in der Ordnung $0{,}1 \times 10^{-10}$ elektrostatischen Einheiten zu suchen sei. Er bekämpft damit die landläufige Vorstellung als ein Dogma, an das man glaubt, weil es sich so bequem in das bestehende Lehrgebäude der Elektrizität hineinfügt, ohne daß es jedoch experimentell mit der erforderlichen Sicherheit begründet wäre. Denn gegen die Millikanschen Arbeiten erhebt er den Einwand, daß sie das Elektron nicht vorurteilslos berechneten, sondern den gewünschten Wert schon voraussetzten und die den Rechnungen zugrunde gelegten Annahmen, z. B. über die Korrektur des Stokesschen Gesetzes, so wählten, daß der angenommene Wert heraus käme; und den weiteren Einwand, daß sich auch aus *Millikans* Werten Unterschreitungen des Elektronwertes ableiten ließen. *Millikan* dagegen erklärt es geradezu für falsch, diese ganze Untersuchungsmethode auf so kleine Teilchen auszudehnen, wie sie *Ehrenhaft* benutzt habe; je kleiner die Teilchen sind, um so größer und um so unsicherer werden die am Stokesschen Widerstandsgesetz anzubringenden Korrekturen und um so stärker macht sich zugleich die Brownsche Bewegung als Störung der einfachen Fallbewegung geltend. Aus diesen Gründen lehnt *Millikan* die Schlüsse, die aus der Beobachtung wesentlich kleinerer Teilchen, als er sie angewandt hat, gezogen werden, grundsätzlich als unzuverlässig ab. In bezug auf die Einwände *Ehrenhafts* wird man zugeben müssen, daß Schwankungen und Unterschreitungen des Elektronwertes sich auch bei *Millikan* gelegentlich finden; aber den Vorwurf der gekünstelten Bearbeitung seiner Beobachtungen wird man entschieden ablehnen müssen. Wenn die Beobachtungen eine Abhängigkeit der errechneten Ladungen von der Teilchengröße ergeben, so ist der Versuch, diese Abhängigkeit zu erklären und zu beseitigen, doch einfach eine Notwendigkeit im Sinne der ganzen Problemstellung, und wenn dieser Versuch gelingt durch Anwendung einer theoretisch begründeten Korrektion ohne wesentliche Überschreitung des Spielraums, den die Theorie für die Wahl der Konstanten in dieser Formel übrig läßt, so verstehe ich nicht, warum man ein solches Verfahren als eine absichtliche Verdrehung der Versuchsergebnisse verwerfen sollte; im Gegenteil, es erscheint mir als die durchaus zweckvolle und sinngemäße Bearbeitung des Beobachtungsmateriales. Aber es würde zu weit führen, auf Rede und Gegenrede der beiden Forscher im einzelnen einzugehen. Ich will mich vielmehr der Frage zuwenden, welche Bestätigung die Ergebnisse *Millikans* und *Ehrenhafts* in den Arbeiten anderer Forscher gefunden haben, die der Streit um das wichtige Problem auf den Kampfplatz gelockt hat.

5. *Die Arbeiten anderer Forscher.* Zunächst

liegen Arbeiten von Schülern der beiden Forscher vor, von denen natürlich jede Gruppe die Methoden ihres Meisters anwendet und seine Ergebnisse bestätigt und erweitert. So hat in Amerika *J. Y. Lee Millikans* Versuche mit festen Kügelchen aus Schellack wiederholt und $e = 4{,}764 \times 10^{-10}$ gefunden. In Wien dagegen hat *D. Konstantinowsky* die Messungen *Ehrenhafts* auf noch kleinere Teilchen ausgedehnt ($0{,}2 \times 10^{-5}$ cm) und noch kleinere Ladungen gefunden, bis herunter zu dem 200. Teil des Elementarquantums, so daß er die Vorstellung von der atomistischen Struktur der Elektrizität sogar überhaupt in Frage stellen zu müssen glaubt. Aber wichtiger als diese Arbeiten aus den streitenden Lagern selbst sind diejenigen unabhängiger Forscher. *Regener* (Berlin) hat Messungen mit der ultramikroskopischen Methode *Ehrenhafts*, aber an Tröpfchen von Öl und Kalilauge ausgeführt und die gleichen Gesetzmäßigkeiten wie *Millikan* gefunden, Ladungen, die das Ein- bis Vierfache einer Grundladung von dem mittleren Werte $e = 4{,}86 \times 10^{-10}$ waren. Aber an Ehrenhaftschen Silberteilchen konnte er diese Gesetzmäßigkeiten nicht finden. *Przibram* hat Messungen an Phosphornebelteilchen ausgeführt und nach anfänglichen Abweichungen die Millikansche Auffassung bestätigt gefunden. Dasselbe gilt von den Untersuchungen von *E. Weiß* in Prag an Silberteilchen. In ausgezeichneter Weise hat *Joffé* in Petersburg die sprungweise Ladungsänderung und damit den atomistischen Bau der Elektrizität beim photoelektrischen Effekte an Kupfer- und Zinkteilchen bis zu hohen Ladungen hinauf verfolgen können, während ähnliche Messungen von *E. Meyer* und *W. Gerlach* zwar auch die sprungweisen Ladungsänderungen, aber nicht mit gleich guter Konstanz bei verschiedenen Teilchen und auch nicht mit dem Millikanschen Zahlenwerte, sondern mit etwas kleineren Werten ergeben haben.

Faßt man alle die verschiedenen Arbeiten zusammen, so kann man nur sagen, daß das Tatsächliche der Beobachtungen beider Forscher von anderen im wesentlichen bestätigt worden ist. Es handelt sich also bei dem Streitfalle nicht etwa darum, daß einer der Forscher falsch beobachtet hätte. Auch *Ehrenhafts* Messungen sind sicherlich richtig. Also dreht sich der Streit nur um die Deutung der Messungen. Fragen wir aber nun, wie sich die Physiker in diesem Streit der Meinungen verhalten, so müssen wir feststellen, daß sie sich in überwiegender Mehrzahl auf die Seite *Millikans* stellen; und das ist durchaus verständlich; denn die Millikanschen Arbeiten sind in der Behandlung des Problems von einer so schlagenden Klarheit und Einfachheit, daß man sich ihrer Beweiskraft nicht entziehen kann. Dazu kommt, daß ihr zahlenmäßiges Ergebnis mit den auf verschiedenen, ganz anderen Wegen ermittelten Werten der Elementarladung ($4{,}75 \times 10^{-10}$ aus der Elektrolyse, $4{,}69 \times 10^{-10}$ aus der Planckschen Strahlungstheorie, 4,65 bis $4{,}79 \times 10^{-10}$ aus der Zählung der α-Teilchen eines radioaktiven Stoffes nach *Rutherford, Geiger* und *Regener*) doch in ganz überraschender Weise übereinstimmt. Wenn *Ehrenhaft* statt dessen behauptet, daß die Ladungen immer kleiner würden, je kleiner die Teilchen werden, so ist es eine sehr treffende Entgegnung darauf, wenn *Millikan* in seiner letzten Arbeit darauf hinweist, daß die α-Teilchen, die doch noch viel kleiner als *Ehrenhafts* kleinste Teilchen sind, doch das Doppelte der Ladung trügen, die als kleinste Ladung bei *Millikans* Messungen aufträte. Und ebenso können wir uns die elektrolytischen Ionen, die doch ebenfalls nur die Größe von Atomen oder Atomkomplexen haben, gar nicht anders als mit der ein- oder mehrfachen Elementarladung behaftet denken, und der Wert dieser Ladung ist wirklich innerhalb sehr enger Grenzen gleich dem oben angegebenen Werte anzunehmen, da die Zahl N heute in Übereinstimmung sehr verschiedener Methoden mit einem beträchtlichen Grade von Sicherheit bekannt ist. Es kann also wohl kein Zweifel darüber bestehen, daß der elektrischen Ladung von der Größe $4{,}8 \times 10^{-10}$ eine ganz bestimmte Rolle in der Natur zukommt; sie ist eben „das Elektron". Natürlich können wir uns denken, daß dieses Elektron noch einen komplizierten inneren Bau besitzt, und daß wir vielleicht einmal dahinter kommen werden, gerade so gut, wie wir heute auf dem besten Wege sind, hinter den komplizierten Aufbau unserer materiellen Atome zu kommen. Aber irgendeine Notwendigkeit zu einer solchen Vorstellung in bezug auf das Elektron liegt doch offenbar bis jetzt gar nicht vor, und der Gedanke, daß die Aufspaltung des Elektrons in kleinere Bestandteile sich so einfach vollziehen könnte, wie es bei *Ehrenhafts* Beobachtungen der Fall sein müßte, ist wohl wenig wahrscheinlich. Treten wir aber dem Millikanschen Standpunkte bei, so müssen die Messungen *Ehrenhafts* notwendig anders gedeutet werden. Es fragt sich schließlich, wie.

6. Die Einwände gegen Ehrenhafts Berechnungen. Von der ersten Veröffentlichung an, in der *Ehrenhaft* behauptete, Unterschreitungen der Elementarladung nachgewiesen zu haben, sind die mannigfachsten Bedenken gegen seine Methode erhoben worden. Er hat mit Zähigkeit und unleugbarem Geschick seine Ansicht verteidigt, indem er seine Methode und seine Apparatur im Sinne der Beseitigung der erhobenen Einwände umzugestalten und zu verbessern bemüht war. Die ersten Einwände richteten sich gegen seine Annahme, daß die Teilchen, die er aus seinem Lichtbogen herauszog, metallische Kügelchen wären; die Schwierigkeiten würden verschwinden, wenn man ihnen eine wesentlich kleinere Dichte zuschreiben, sie etwa als Oxydationsprodukte von schwammiger Struktur ansehen dürfte, oder auch, wenn man eine von der Kugelform wesentlich abweichende Gestalt der Teilchen annehmen könnte, oder schließlich beides. Da im letzteren Falle

die Teilchen sich im elektrischen Felde orientieren würden, könnte ihre Beweglichkeit, d. h. die Größe b unserer obigen Gleichungen, im elektrischen Felde eine andere als im Schwerefelde sein, wie es *Marg. Vogl* tatsächlich beobachtete. *Ehrenhaft* begegnet dem Einwand der Oxydation, indem er seine Lichtbogen in gut gereinigtem, vollkommen getrocknetem Stickstoff brennen läßt und Edelmetalle zum Zerstäuben verwendet. Vor allem aber hat er ausgedehnte Messungen an zerstäubtem Quecksilber gemacht; hier lassen die größeren Teilchen noch deutlich den metallischen Charakter und die Kugelform erkennen, und es scheint wohl ausgeschlossen zu sein, die gleiche Annahme nicht auch für die kleineren Teilchen machen zu dürfen. Andere Einwände beziehen sich auf das elektrische Feld; bei den kleinen Maßen des Kondensators könnten die Randwirkungen störend in Betracht kommen (*Regener*), oder das Feld könnte durch Ansammlung sehr kleiner unsichtbarer Ionen in der Nähe der Platten abgeschwächt sein (*Joffé*). Auch diese Einwände scheint mir *Ehrenhaft* im wesentlichen widerlegt zu haben; denn die Ionen werden durch das Feld selber schon nach kurzer Zeit entfernt bis auf diejenigen Teilchen, für die die Spannung annähernd gleich der Schwebespannung ist, und die Abweichungen werden auch dort gefunden, wo die Randwirkung durch andere Bemessung des Apparates sicher vermieden ist.

Betrachtet man die genannten Einwände als ausgeschlossen, so bleibt das Problem schließlich an der Frage hängen, ob die Bewegungen der Teilchen richtig gemessen und die richtigen Schlüsse aus ihnen gezogen sind. Die genaue Messung der Steig- und Fallzeiten der Teilchen, zumal bei der sehr geringen Länge der von *Ehrenhaft* benutzten Strecken, ist bei so kleinen Teilchen durch die Brownsche Bewegung sehr beeinträchtigt. Aber die zufälligen Störungen durch die Brownsche Bewegung können wohl die Messungen unsicher machen, doch ist nicht abzusehen, daß sie die Ergebnisse alle nach einer Richtung verschieben könnten. Zur Erklärung dieser Tatsache müßte man vielmehr annehmen, daß die für gröbere Teilchen gültigen Bewegungsgesetze auf so kleine Teilchen nicht mehr übertragen werden dürften, daß also die Berechnung der Beweglichkeit b aus der Stokesschen Widerstandsformel auch unter Benutzung der verschiedenen Formen des anzufügenden Korrektionsgliedes nicht mehr zulässig ist. Die Ungewißheit in dieser Beziehung ist Veranlassung gewesen, daß man die Berechnung von b auf einem anderen Wege versucht hat. Als solcher bot sich die genaue Untersuchung der Brownschen Bewegung dar. Die von *Einstein* entwickelte Theorie der Brownschen Bewegung führt nämlich zu einer Formel, die gestattet, die Beweglichkeit b eines Teilchens aus der Brownschen Bewegung, d. h. aus dem Mittelwert des Quadrates der Verschiebungen zu berechnen, die das Teilchen in gleichen Zeitintervallen erfährt. In dieser Gleichung kommt weder die Masse noch die Größe des Teilchens vor, sondern außer b nur die allgemeine Gaskonstante, die absolute Temperatur und die Loschmidtsche Zahl. Setzt man daher den so berechneten Wert von b in die obige Gleichung für e ein, so ist man von allen Annahmen über Dichtigkeit und Größe der Teilchen unabhängig; allerdings ist diese Berechnung nur zulässig unter der Voraussetzung, daß die Beweglichkeit der Teilchen unter dem Einfluß der allseitigen molekularen Stöße die gleiche ist, wie diejenige unter dem Einfluß einer einseitig gerichteten Kraft. Auch die nach dieser Methode ausgeführten Beobachtungen von *Millikan*, *Fletcher* und *Eyring* an Öltröpfchen haben keine systematischen Abweichungen vom Millikanschen Werte des Elementarquantums ergeben. Messungen von *E. Weiß* an Silberteilchen, die nach der Stokesschen Widerstandsformel zu kleine Werte der Elementarladung ergaben, führten, nach der Methode der Brownschen Bewegung berechnet, zu Zahlen, die um den Millikanschen Wert herum schwanken. Dies gilt allgemein. Die Berechnungen aus der Brownschen Bewegung ergaben auch bei den Messungen *Ehrenhafts* und *Konstantinowskys* an ihren kleinen Teilchen stets größere Werte für den Radius und die Ladung der Teilchen, als die Stokessche Widerstandsformel, und die Abweichung zwischen beiden Arten der Berechnung wird um so größer, je kleiner die Teilchen sind. Aber diese Vergrößerung des Ladungswertes nach der Berechnung aus der Brownschen Bewegung ist doch nicht ausreichend, um die Unterschreitungen des Elementarquantums jederzeit aufzuheben. Im Gegenteil, bei den ganz kleinen Teilchen, mit denen *Konstantinowsky* arbeitet, findet er auch aus der Brownschen Bewegung Ladungswerte, die bis auf ein Zehntel des Millikanschen Wertes heruntergehen, und beide, *Ehrenhaft* sowohl wie sein Schüler, sind der Ansicht, daß die Brownsche Bewegung Radius und Ladung der Teilchen zu hoch ergibt; denn sie glauben fest, daß ihre Teilchen kugelförmig sind und daß darum das Stokessche Gesetz die richtigeren Werte der gesuchten Größen ergebe. Es ist nicht uninteressant, daß *Ehrenhaft* diese Ansicht noch durch eine dritte Methode der Größenbestimmung zu stützen versucht hat. Er hat die Größe von Goldteilchen geschätzt aus der Farbe des von ihnen zerstreuten Lichts auf Grund einer von *G. Mie* entwickelten Theorie, und findet die so gewonnenen Werte in Übereinstimmung mit den aus der Stokesschen Widerstandsformel bei Annahme einer bestimmten Form des Korrektionsgliedes berechneten Größen, während die Brownsche Bewegung wesentlich größere Werte ergab.

So steht heute der Streit. Auf der einen Seite die Untersuchungen *Millikans* an größeren Tröpfchen, mit ihren klaren, auch bei den verschiedenen Berechnungsarten übereinstimmenden Ergebnissen; auf der anderen Seite die Messungen *Ehrenhafts* an kleinen und immer kleineren Teilchen, bei

denen auch die Ladungen immer kleiner und kleiner sich ergeben, bei denen aber auch zugleich die verschiedenen Berechnungsarten in keiner Übereinstimmung miteinander mehr stehen. Gerade dieser letztere Umstand scheint mir ein deutlicher Beweis für die Richtigkeit der Ansicht *Millikans* zu sein, daß man vorläufig klare und sichere Ergebnisse über das Elementarquantum nur an größeren Tröpfchen erhalten kann, deren Mechanik man vollkommen beherrscht. Aber die Ergebnisse *Ehrenhafts* bedürfen selbstverständlich einer Aufklärung, die den bestehenden Widerspruch beseitigt. Sie dürfte wohl nur in einer erneuten eingehenden, theoretischen und experimentellen Nachprüfung der Gesetze zu suchen sein, die für die Bewegung so kleiner Teilchen in einem Gase gelten. Ehe darüber nicht volle Klarheit und zwischen den verschiedenen Methoden der Größenbestimmung der Teilchen volle Übereinstimmung erzielt ist, wird man den Ergebnissen *Millikans* keinen ernstlichen Zweifel entgegenbringen können. Den Arbeiten *Ehrenhafts* aber wird man auf alle Fälle das Verdienst zuerkennen müssen, nicht bloß durch ihren Widerspruch gegen die herrschende Meinung zu immer erneuter und vertiefter Behandlung des Problems Anlaß gegeben, sondern auch die Grenzen festgestellt zu haben, unter die man nicht heruntergehen kann, ohne daß die Formulierung der Versuche diejenige Sicherheit verliert, die sie oberhalb dieser Grenze besitzt.

Die Pliozänfauna Ostafrikas.

Über die alte Fauna Afrikas ist noch verhältnismäßig wenig bekannt, was sich auf sichere fossile Reste stützen läßt, ganz anders als bei Europa und Nordamerika oder auch für die Tertiärzeit bei Südamerika. Man war bisher zumeist darauf angewiesen, aus der vergleichenden Betrachtung der heutigen Tierwelt Rückschlüsse auf die Zustände der Vergangenheit zu ziehen. Wohl ist auch dieser Weg der Forschung geeignet, wertvolle Aufschlüsse über die Vorzeit zu geben. Erwünscht ist aber doch seine Ergänzung durch die Auffindung ausgestorbener Tierformen, die die so gewonnenen Aufschlüsse nachzuprüfen gestatten. Hier hat uns nun gerade die letzte Zeit für Afrika wertvolle Fortschritte gebracht. In Deutsch-Ostafrika fand man die interessante Saurierfauna vom Tendaguru. Die Deltaschichten des Urnil westlich des heutigen Flußlaufes geben Aufschlüsse durch die ganze Tertiärzeit hindurch, deren jüngste Zusammenstellung wir *Stromer*[1]) verdanken, der schon immer die große Bedeutung Afrikas als Entwicklungsgebiet betont hat, und nun haben uns von *Oswald*[2]) erforschte ähnliche Deltaschichten am östlichen Ufer des großen Viktoriasees auch in Britisch-Ostafrika mit einer tertiären Fauna von einigem Reichtum an Formen bekannt gemacht, deren Wirbeltiere kurz vor Beginn des Krieges durch *Andrews*[3]), deren Weichtiere durch *Newton*[4]) beschrieben worden sind. Diese Forscher schreiben den Schichten ein untermiozänes Alter zu. Uns scheint freilich diese Altersbestimmung zu hoch zu sein. Einmal sind die in ihnen gefundenen Schneckenarten heute noch durchweg in Afrika heimisch. Die Wirbeltiere zeigen aber eine ganz ähnliche Mischung nördlicher und südlicher Formen wie die heutige Tierwelt Afrikas, eine Mischung, wie wir sie kaum vor dem Unterpliozän erwarten können. Ein derartiges Alter würde aber auch ganz gut zu dem Gesamtcharakter der Wirbeltierfauna dieser „Karungaschichten" stimmen, wie wir im Nachfolgenden auch im einzelnen werden zeigen können.

Von besonderem Interesse sind unter den Tierresten die *Säugetiere*, die ja auch sonst unter den fossilen Wirbeltierresten aus der Tertiärzeit die Hauptrolle zu spielen pflegen, und unter ihnen sind wieder die *Huftiere* besonders reichlich vertreten. Wir finden unter ihnen zweifellose Vertreter von Gruppen, die seit dem frühesten Tertiär in Afrika alteinheimisch gewesen sind, neben Gliedern von Familien, deren Ursprung im paläarktischen Gebiete gesucht werden muß. Und unter diesen läßt sich wieder eine ältere, schon im Mitteltertiär von Europa nach Afrika gelangte Welle von einem erst im Jungtertiär in das Festland eingedrungenen Einwandererschwarm unterscheiden.

Ganz besonders charakteristische Vertreter der alten äthiopischen Fauna sind die *Schliefer* (Hyrakoiden), die noch heute in zahlreichen Arten ganz Afrika und seine syrischen Nachbarländer bewohnen und fossil besonders aus den oligozänen Schichten des ägyptischen Fajum bekannt sind, aus denen man nicht weniger als sechs verschiedene Gattungen mit etwa 15 Arten beschrieben hat, die eine besondere, heute erloschene Familie der Saghatheriden bilden. Sie weisen im Vergleiche mit den heute lebenden Formen z. T. wahre Riesen auf, lassen sich doch die heutigen Tiere am ehesten mit Kaninchen vergleichen, sind übrigens auch unter den „Kaninchen" des Alten Testamentes zu verstehen. Aus den Schichten vom Viktoriasee hat man nun eine neue, dritte Familie dieser uralten und höchst ursprünglichen Huftierordnung kennen gelernt, die im alten Afrika eine weit größere Rolle gespielt haben muß, als heute. Es sind das die Myohyraciden, vertreten durch die eine Form *Myohyrax oswaldi*, von der ein Stück des linken Unterkieferastes gefunden worden ist. Im Gegensatze zu den Saghatherien gehört aber der neue Fund der Kleinfauna an, ist doch das Tier nicht größer gewesen als eine große Ratte. Darum ist der Name „Mausschliefer" für dieses Tier recht treffend gewählt. In bezug auf das Alter der Schichten bietet diese Form infolge ihrer isolierten Stellung keinen Anhalt.

Eher ist dies bei den *Rüsseltieren* der Fall, deren Heimat ebenso sicher im alttertiären Afrika lag, wo sie schon im Obereozän mit dem Möristiere (*Moeritherium*) von Ägypten auftauchen. Erst in der Mitte der Tertiärzeit haben sie Europa erreicht, um sich von hier aus fast über alle Festländer mit Ausnahme von Australien zu verbreiten. Sie sind um diese Zeit schon in zwei Familien gespalten, in die zu den lebenden Elefanten hinleitenden Urelefanten (Paläomastodontiden) und die

---

[1]) *E. Stromer*, Die Entdeckung und die Bedeutung der Land und Süßwasser bewohnenden Wirbeltiere im Tertiär und in der Kreide Ägyptens. Zeitschr. d. deutschen Geol. Gesellsch. LXVIII (1916), S. 397—425.

[2]) *F. Oswald*, The Miocene Beds of the Victoria Nyanza and the Geology of the Country between the Lake and the Kisil Highlands. Quart. Journ. Geol. Soc. LXX (1914), S. 128—162.

[3]) *Ch. W. Andrews*, On the Lower Miocene Vertebrates from British East Africa, collected by Dr. Felix Oswald. Ebenda S. 163—186.

[4]) *R. B. Newton*, On some non-marine Molluscan Remains from the Victoria Nyanza Region, associated with Miocene Vertebrates. Ebenda S. 187—198.

einen erloschenen Zweig bildenden „Schreckenstiere" (Dinotheriden). Beide hat man auch am Viktoriasee aufgefunden. Das *Dinotherium hoblegi* schließt sich eng an die in Europa und Asien bekannt gewordenen Arten an. Da von diesen nur eine dem Obermiozän angehört, während man vier in pliozänen Schichten gefunden hat, so spricht dieser Fund entschieden für das von uns angenommene geringere Alter der von *Dawald* erschlossenen Schichten. Ihm widerspricht auch nicht der Urelefantenfund, der zu der durch den Besitz von vier Stoßzähnen ausgezeichneten Gattung *Tetrabelodon* (Vierpfeilzahn) gestellt wird; denn wenn diese auch im Miozän von Europa und Nordamerika schon sieben Formen aufzuweisen hat, so erreicht sie doch erst im Pliozän mit zwölf Arten ihren größten Formenreichtum und reicht mit fünf Arten sogar noch ins Quartär herüber. Die der afrikanischen am meisten ähnelnde Art *T. angustidens* ist freilich im Obermiozän Europas gefunden worden, besitzt aber auch im Pliozän in Indien und Nordamerika noch Abarten, so daß sie ebensogut in Afrika um diese Zeit gelebt haben könnte, während sie aus dem Untermiozän überhaupt noch nicht bekannt ist.

In verschiedenen Linien sind auch die *Paarhufer* vertreten, besonders die „Kohlentiere" (Anthrakotherien), die auch schon im Unteroligozän Ägyptens eine hervorragende Rolle spielten. Es sind das Tiere, die mit den Schweinen und Flußpferden einen großen Stamm bilden und besonders als die Vorfahren der letzteren in Frage kommen. Die Paarhufer nun gehören sicher dem Norden als Urheimat an, mögen nun ihre ältesten Formen den anderen Huftieren tatsächlich stammverwandt sein oder mögen sie, wie *Gregory*[5]) annimmt, einen Seitenzweig der Raubtiere darstellen, denn nur hier kommen solche Formen vor, wie wir sie als die Vorfahren dieser Huftiere erwarten müssen. Hier sind sie schon vom Eozän an in solcher Formenfülle in Europa wie in Nordamerika entwickelt, daß sie nicht etwa aus Afrika herüber gewandert sein können. Vielmehr haben sie sich in umgekehrter Richtung von Europa nach Afrika verbreitet, wenn auch etwas früher als die meisten anderen nordischen Formen Afrikas, die erst nach dem Oligozän den Süden erreicht haben. Sie reichen im Norden vom Unteroligozän bis zum Unterpliozän und könnten also in Afrika die gleiche Lebensdauer besessen haben. Selbst ihre Gattungen erhalten sich zumeist ziemlich lange in Blüte. Auch die Gattung *Brachyodus*, der *Andrews* einige Funde zuordnet, lebte nicht bloß im Miozän von Europa und Nordafrika, sondern war auch im Pliozän noch von Beludschistan bis Indien verbreitet. Der besser erhaltene *Merycops africanus* aber stand zwar auf der einen Seite der vorwiegend oligozänen Gattung *Anoodus* nahe, auf der andern aber der indischen Pliozängattung *Merycopotamus*, die neuerdings noch in Tunesien in Pliozänschichten gefunden worden ist.

Neben diesen Vertretern der schweineartigen Huftiere hat man nun am Viktoriasee auch spärliche Reste von Tieren gefunden, die zu den Wiederkäuern zu stellen sind. Der eine Rest gehört jedenfalls zu der Gattung *Dorcatherium*, einer nahen Verwandten des heute in Westafrika lebenden Wasserzwergmoschustieres, die im Obermiozän Europas auftretend mindestens ebensoviel Arten im Pliozän des Mittelmeergebietes und Indiens besitzt. Neben diesen Traguliden traten aber am Viktoriasee auch die ihnen sehr nahestehenden, heute ganz erloschenen Geloeiden auf. Ein oberer Mahlzahn gleicht nämlich sehr der europäischen Oligozängattung *Prodremotherium*. Das ist allerdings eine sehr auffällige Beziehung, da überhaupt die Geloeiden fast ganz dem Unteroligozän angehören und nur mit zwei ihrer elf Gattungen ins Miozän hineinreichen. Aber gerade dieser Rest ist doch zu unbedeutend, um darauf irgendwie sichere und weittragende Schlüsse aufbauen zu können. Da die Traguliden in Ägypten bisher noch nicht gefunden worden sind, können wir sie nach wie vor nur als pliozäne Einwanderer ansehen.

Dagegen können die Nashörner, die am Viktoriasee die *Unpaarhufer* vertreten, teilweise schon im Mitteltertiär den afrikanischen Boden betreten haben, gibt uns doch *Stromer* auch aus dem ägyptischen Miozän eine allerdings unbestimmte Art des afrikanischen Nashornes an. Dagegen erweist sich der Fund von Ostafrika als ein Verwandter der Gattung *Ceratorhinus*, die in der heutigen Tierwelt nur durch das Sumatrananashorn von Malakka, Borneo und Sumatra vertreten ist. Vom obersten Oligozän an lebte sie bis zum Quartär in Europa, vom Pliozän an auch in Indien. Gerade die Art *C. schleiermacheri*, der der afrikanische Fund besonders nahe steht, ist im Unterpliozän Europas gefunden worden. Auch diese Tiere sprechen also nicht für ein miozänes Alter der Karungaschichten.

Neben den Huftieren treten die anderen Säugetiere ganz zurück. Als Vertreter der Großfauna sind noch ein paar *Raubtiere* zu erwähnen. Das eine ist eine Katzenart, der europäisch-nordamerikanischen Miozängattung *Pseudaelurus* angehörend (*P. africanus*), was schon eher auf ein höheres Alter hinweisen könnte. Ein großer Fußwurzelknochen, der von einem Tiere von der Größe eines Löwen herstammt, läßt sich dagegen nicht mit voller Sicherheit bestimmen. Entweder handelt es sich um einen säbelzähnigen Tiger (*Machaerodus*), wie sie vom Oligozän bis zum Quartär in der Alten Welt weit verbreitet waren, besonders aber im Pliozän, dem 11 von den 16 nordischen Arten angehören, oder um ein Urraubtier aus der zu den Hyänenzähnern (Hyänodontiden) gehörigen Gattung *Apterodon*. Diese Gattung gehört freilich ganz dem Unteroligozän Europas und Ägyptens an, die Familie im ganzen aber hielt sich in Indien wie in Südamerika bis zum Pliozän. Eine ähnliche Lebensdauer ist also auch für Afrika wahrscheinlich.

Endlich ist von Säugetieren noch das Nagetier *Paraphiomys pigotti* aus der erloschenen Familie der Theridomyiden zu erwähnen, die im Oligozän und Miozän in Europa und Afrika lebte und letzteres schon früh erreicht hat, wie die Funde von Fayum beweisen, unter denen wir auch die nächsten Verwandten der ostafrikanischen Gattung antreffen. Diese war übrigens ein stattliches Tier von der Größe des Guineaschweines. Aus der Familie sind dann in Afrika die eigenartigen Schuppenhörnchen (Anomaluriden) hervorgegangen, die in ihrer Lebensweise den fliegenden Eichhörnchen ähneln. Überblicken wir nun die gesamte Säugetierfauna vom Viktoriasee, so sprechen von den hier gefundenen elf Arten nur drei mehr für ein miozänes Alter, der Nager, das eine Zwergmoschustier und das vielleicht vorhandene Urraubtier. Doch sind die beiden letzten sehr unsichere Reste. Acht bis neun Formen sprechen dagegen eher für ein pliozänes Alter. Auch bei den genannten Formen, die im Norden älteren Schichten angehören, ist das nicht ausgeschlossen. Beobachten wir doch allgemein, daß in Südamerika und Afrika, überhaupt im Süden, die Tiere in jüngere Perioden hinein-

[5]) *W. K. Gregory*, The Orders of Mammals. Bull. Am. Mus. Nat. Hist. XXVII (1910), S. 400—406, 467 bis 468.

reichen, in denen sie im Norden längst erloschen sind. Das zeigt ja auch schon die lebende Verbreitung z. B. der Tapire, der Flußpferde, der Lamas, der Antilopen, der Hyänen und zahlreicher anderer Tiere.

Neben den Säugetieren treffen wir am Viktoriasee auch noch einige *Reptil*arten an, vorwiegend *Schildkröten* aus drei verschiedenen Unterordnungen. Gleich durch drei verschiedene Gattungen sind die Weichschildkröten (Trionychiden) vertreten. Da treffen wir die noch heute allein im äthiopischen Afrika heimische *Cycloderma* (*C. victoriae*), wie die im Miozän von Fayum gefundene *Cyclanorbis*, zu der rein äthiopisch-indischen Unterfamilie der Emydinen gehörend. Ihr reiht sich die weit verbreitete Gattung *Trionyx* selbst an, die schon im europäischen Mitteleozän fossil auftritt und sich seitdem dauernd behauptet hat, in Afrika seit dem Beginn des Miozäns. Und endlich scheint sich ein Rest der Gattung *Chitra* einzureihen, die man sonst lebend nur vom festländischen Indien, fossil auch von Java kennt. Diese Gattung spricht wieder entschieden für ein pliozänes Alter der Schichten, während die anderen Schildkröten auch schon im Miozän nach dem Süden gelangt sein könnten.

Die Halsberger (Cryptodiren), zu denen die meisten unserer Land- und Seeschildkröten gehören, haben in den Schichten vom Viktoriasee eine Riesin aufzuweisen, *Testudo crassa*, eine Verwandte der bekannten griechischen Schildkröte, aber auch der Elefantenschildkröten von Aldabra und von den Galapagosinseln. Es waren also einstmals die Riesenschildkröten nicht bloß auf die Inseln beschränkt wie heute. Auch diese Gattung ist schon seit dem Oligozän fossil bekannt, muß ihrer Verbreitung nach sogar noch weit älter sein. Aber da es sich um eine noch lebende Gattung handelt, kann das natürlich noch nichts für ein höheres Alter des afrikanischen Fossils beweisen. Endlich treffen wir, wie von vornherein zu erwarten war, am Viktoriasee auch Halswender (Pleurodiren) an, müssen wir doch deren Hauptentwicklungsgebiet nach ihrer heutigen Verbreitung wie nach ihren fossilen Resten in der Südamerika und Afrika umfassenden Südatlantis suchen. Insbesondere haben sich in Afrika die Pelomedusen entwickelt. Neben anderen Gattungen haben wir von dem Eozän an in den Deltaschichten des Urnils die Stammreihen der Schienenschildkröte (*Podocnemis*) aufgefunden, die auf der einen Seite zu deren südamerikanischen, auf der anderen zu deren madagassischen Formen hinführen[6]), übrigens einer der besten Beweise für das Bestehen der südatlantischen Landbrücke bis in den Beginn des Tertiärs hinein. Die madagassische *P. madagascariensis* schließt sich nun an die Untermiozänart *P. aegyptiaca* vom Nillande an, der der neue Fund vom Viktoriasee sehr nahe steht. Ebenso eng verbunden ist sie aber auch mit der lebenden Art, so daß sie recht wohl von pliozänem Alter sein kann.

Von sonstigen Reptilien hat *Oswald* nur *Krokodil*reste am See gefunden. Zunächst tritt uns hier ein kurzschnauziges Krokodil ähnlich dem lebenden Nilkrokodil entgegen. Auch ist ja die Gattung *Crocodilus* sogar schon seit der mittleren Kreidezeit fossil bekannt und mindestens seit dem Oligozän in Afrika heimisch, aber die engsten Beziehungen verbinden doch die neue Art mit der lebenden, so daß ein geringeres Alter wahrscheinlicher ist als ein hohes. Anders liegen die Verhältnisse bei einem gavialähnlichen Tiere. Denn dieses ähnelt am meisten der uns aus dem Obereozän Frankreichs bekannten Gattung *Pristichampsus*. Diese gehört aber zur Familie der Rhynchosuchiden oder Schnabelkrokodile, deren Gattung *Tomistoma* heute indoaustralisch ist, aber im Miozän auch in Europa und vom Eozän bis zum Pliozän auch in Afrika vertreten war. Ein Überleben der Eozängattung bis zum Pliozän ist also durchaus nicht unwahrscheinlich.

An *Fischen* ist sicher nur ein Molchfisch (*Protopterus*) festgestellt, ebenfalls einer alten südatlantischen Familie angehörend, den Lepidosireniden, die heute nur in Südamerika und Afrika leben und fossil vom Oligozän an in letzterem bekannt sind. So gibt es unter allen Wirbeltieren der Karungaschichten nicht eines, das nicht zu der Annahme des Pliozänalters derselben paßte, für die Mehrzahl ist dieses wahrscheinlich, und die Faunenmischung spricht entschieden dafür.

Das gleiche zeigt aber auch die *Mollusken*fauna, die freilich nur zehn Arten umfaßt. Von den *Landschnecken* sind zunächst die Achatschnecken (Achatiniden) durch je eine Art von *Achatina* und *Limicolaria* und durch eine Form vertreten, die der im Nilgebiet, am Viktoria-, Tanganjika- und Njassasee lebenden *Burtoa nilotica* nahe steht. Alle drei Gattungen sind ausgesprochen äthiopisch und gehören einer Familie an, die schon seit der Trias in die äthiopische Region gelangt sein muß[7]). Fossile Reste sind von ihr sonst nicht bekannt. Während alle diese Gattungen wohl die ganze Tertiärzeit in Afrika verbreitet waren, müssen wir den zu den Eniden (Buliminiden) gehörenden *Cerastus* als einen pliozänen Einwanderer aus Europa ansehen[8]). Diese in zwei Arten am Viktoriasee vertretene Untergattung lebt heute nur in Abessinien und im Somalilande, der verwandte *Petracoceratus* im südlichen Arabien, alle anderen 13 Untergattungen von *Ena* sind aber paläarktisch und in Europa seit dem Miozän fossil bekannt[9]). Ihre hauptsächliche Heimat ist der nahe Orient.

Eine Land- wenn auch nicht Lungenschnecke ist die Cyclophoride *Tropidophorus nyasana*, die heute nur am Njassasee lebt, fossil aber auch am Viktoriasee gefunden wurde. Sie schließt sich an die westafrikanisch-europäische *Pomatias* an und kann ebenfalls nicht vor dem Pliozän nach Afrika gelangt sein. In Europa hatten sie sich schon vom Eozän an in zahlreichen Formen entwickelt[10]). Der gleichen Gruppe der *Kiemenschnecken* gehören die im Süßwasser lebenden Ampullariden und Vivipariden an. Die ersteren sind eine ganz vorwiegend südliche Familie, wenn sie auch einige fossile Vertreter im europäischen Tertiär aufzuweisen haben[11]). Von den durch *Oswald* gefundenen zwei Arten lebt *Ampullaria ovata* noch im ganzen Nilgebiet und in den drei großen Seen, *Lanistes carinatus* im Nilgebiete, Abessinien und Ostafrika. Dagegen sehen wir die Viviparidenoder Paludiniden nur für mitteltertiäre Einwanderer in Afrika an[12]). Die Arten vom Viktoriasee gehören der afrikanischen Gattung *Cleopatra* an, *Cl. bulimoides* lebt in Ostafrika vom Nil bis zum Sambesi, *Cl. exarata* nur im südlichen Ostafrika.

[6]) *E. Dacqué*, Die fossilen Schildkröten Ägyptens. Geol. u. paläontol. Abhandl. XIV (1912), S. 273—338.

[7]) *Th. Arldt*, Zur Ausbreitung der Land- und Süßwassermollusken. Archiv für Naturgeschichte LXXXI (1915) A, S. 38—41, 58, 61.

[8]) Ebenda S. 26—27, 58, 61.

[9]) *W. Kobelt*, Die geographische Verbreitung der Mollusken in dem paläarktischen Gebiet. *Roßmäßlers* Ikonographie der Land- und Süßwassermollusken N. F. XI (1904), S. 102—105.

[10]) Arch. f. Naturgesch. LXXXI (1915) A, S. 69, 74—76.

[11]) Ebenda S. 71, 74—76.

[12]) Ebenda S. 66, 74—76.

Wenn also auch von den zehn Schnecken nur die *Aspullaria*- und die *Burtoa*art noch heute im Viktoriaseegebiete heimisch sind, so leben doch alle von *Newton* beschriebenen Arten noch heute und leben in Afrika, und auch das bestätigt unsern Schluß, daß die Karungaschichten eher dem Pliozän als dem Untermiozän angehören. Damit wird ihr Interesse nicht geringer, haben sie uns doch einmal in den Myohyraciden eine neue Form der alten äthiopischen Fauna kennen gelehrt, dann damit bekannt gemacht, daß auch die Dinotherien, Geloeiden und vielleicht auch die säbelzähnigen Tiger nach Afrika gelangt sind, daß sich hier die Gaviale, die Anthrakotherien, Theridomyiden und vielleicht die Hyänenzähner länger erhielten, als man bisher annehmen konnte, und daß außer den schon bekannten auch andere indische Formen mit *Chitra* den Weg nach Afrika gefunden haben, um hier bald wieder zu erlöschen, ganz abgesehen von zahlreichen anderen interessanten Beziehungen, die schon diese wenigen Funde zu erkennen gestatten. Die fortschreitende Erforschung von Afrika verspricht daher unsere Kenntnis von der Geschichte der Erde und ihres Lebens gewaltig zu fördern. *Th. Arldt, Radeberg.*

Besprechungen.

Föppl, A., Vorlesungen über technische Mechanik. *I.* Bd. *Einführung in die Mechanik.* 5. Aufl. Leipzig und Berlin, B. G. Teubner, 1917. XVI, 431 S. und 104 Figuren. Preis geh. M. 9.20, geb. M. 10.—.

Die neue Auflage des 1. Bandes von *Föppls* berühmtem Lehrbuch hat gegen die beiden letzten Auflagen nur ganz nebensächliche Änderungen erfahren, und es ist auch nicht anzunehmen, daß ein größerer Teil des Leserkreises solche Änderungen gewünscht hätte. Was das letzte Jahrzehnt der Mechanik an neuen Errungenschaften gebracht hat, wäre ja in diesem Einführungsbande nicht am Platze, und die Auswahl, Anordnung und Darstellung des Lehrstoffes hat sich so vollkommen bewährt, daß das Werk heute noch, wie schon seit vielen Jahren, als die solideste Grundlage des Mechanikstudiums an Technischen Hochschulen betrachtet werden kann.

Die Mechanik erfordert eine andere Darstellung für den Mathematiker, den Physiker, den Philosophen und den Ingenieur. Wenn *Föppls* Buch in erster Linie für den letzteren geschrieben ist, so heißt das nicht, daß die prinzipielle Erörterung tieferer Probleme oder feinere mathematische Darstellungen vermieden werden, auch nicht, daß nur die Erledigung praktischer, technischer Fragen angestrebt wird. Der Kernpunkt liegt in der Vereinigung und Zusammenfassung der Anschauung und der rechnerischen Formulierung. Der Student, der das Hochschulstudium beginnt, pflegt der Mathematik nicht mit der nötigen Sicherheit gegenüber zu stehen. Seine Fähigkeit, sich technische oder physikalische Fragen klar vorzustellen und sich anschauliche Bilder davon zu formen, liegt meist in der anderen Gehirnhälfte als das, was er an Mathematik gelernt hat. Es ist für ihn und für den Lehrer die größte Schwierigkeit, diese beiden Gehirnhälften zum Zusammenarbeiten zu bringen. Auf dieses Ziel steuert *Föppl* klar und sicher los; darum dient ihm als Grundlage seiner Darstellung die Vektorenrechnung; sie ist die festeste Brücke, die von der physikalischen Anschauung zur mathematischen Formulierung und zur rechnerischen Durchführung des Einzelproblems führt. Der Studierende überwindet das oft vorhandene anfängliche Mißtrauen gegen die Vektorenrechnung leicht, wenn er erkennt, daß sie ganz identisch ist mit den graphischen Methoden, die ihm in der Regel leichter eingehen als die rechnerischen. So wird ihm gerade diese Behandlung des Stoffes besonders förderlich.

L. Hopf, Aachen.

Wolff, H., Karte und Kroki. Leipzig und Berlin, B. G. Teubner, 1917. IV, 57 S. und 47 Figuren im Text. Preis M. 0.80.

Der Verfasser gliedert den Inhalt in zwei Hauptteile. Im ersten Teil soll ein Überblick über alle Arbeiten gegeben werden, die zur Herstellung unserer Generalstabskarten nötig sind, d. h. insbesondere über die trigonometrischen, topographischen und kartographischen Arbeiten. Die dabei gebräuchlichen Messungsmethoden und Instrumente werden kurz beschrieben. Die Benutzung der Karten, das Kartenlesen wird eingehend erklärt. Der zweite Teil beschäftigt sich mit der Anfertigung von Skizzen und Krokis. Das Orientieren der Karten und das Festlegen von Punkten nach der Polar-, Umfangs- und Koordinatenmethode, durch Rückwärtseinschnitt und Vorwärtsabschnitt, werden besonders behandelt, ebenso wird angegeben, wie man auf einfache Weise ohne besondere Instrumente Horizontal- und Höhenwinkel messen und zeichnerisch festlegen kann. Auf die Bestimmungen der Höhe und nicht nur der Lage von Punkten wird Wert gelegt, weil dies für die Geländedarstellung und für die militärische Ersteigbarkeit wichtig ist.

Das kleine Buch ist reich an Beispielen, Figuren, Abbildungen und Tafeln und dürfte eine wertvolle Ergänzung der Fachliteratur bilden. Autoreferat.

Gesellschaft für Erdkunde zu Berlin:

Mesopotamien.

In der Sitzung am 14. April hielt Professor *C. Uhlig* (Tübingen) einen Vortrag mit Lichtbildern über *Mesopotamien.* Dieses Land ist in den letzten Jahrzehnten allmählich aus dem Wüstenschlaf, in dem es seit dem 13. Jahrhundert ruhte, erwacht und hat eine stetig steigende Bedeutung gewonnen. Die Gründe hierfür sind folgende: 1. Die Entdeckungen auf archäologischem Gebiet, welche auf diesem größten Friedhof der Welt gemacht worden sind und neues Licht auf die Kindheitsgeschichte der Menschheit geworfen haben, 2. das Interesse an der wirtschaftlichen Wiedergeburt des Landes, durch welche man die heutige Öde in die früher vorhandene Blüte umzuwandeln hofft. Das Kennwort für diese wirtschaftlichen Bestrebungen heißt „Baghdadbahn", eine verkehrsgeographische Benennung, in die sich allmählich ein politischer Klang einmischte, 3. die politischen Bestrebungen Englands, welche heute an erster Stelle stehen; sie traten für weitere Kreise durch die Behandlung der Kuweit-Frage in Erscheinung.

Über Mesopotamien liegen viele Reisebeschreibungen, namentlich von englischer Seite, vor, wie sich überhaupt die englische Forschung des Landes stets mit sehr bezeichnendem Interesse angenommen hat. Es fehlt jedoch an einer geographischen Landeskunde, ein Mangel, der auch durch *Banses* Werk über die Türkei nicht beseitigt worden ist.

Der Begriff Mesopotamien ist sehr verschieden weit gefaßt worden. Es ist unter dieser Bezeichnung nicht nur in wörtlicher Übersetzung das Zwischenstromland (el-Dschesire = Insel) zu verstehen, sondern das ganze Übergangsgebiet zwischen der Wüstentafel der alten Welt (Afrika, Arabien) gegen den Gürtel junger Hochgebirge in Vorderasien. Es bildet eine tief gelegene

flache Hohlform, die nordwest-südostwärts gerichtet ist und in dem Persischen Golf ihre natürliche untermeerische Fortsetzung findet. In die großartige, aber eintönige Weiträumigkeit des Tafellandes dringen von Osten, Westen und Norden her aus den benachbarten Falten- und Hochschollenländern fremdartige Linien ein, meist in Form langgestreckter Bergrücken, wie z. B. der Dschebel Sindschar. Die Richtung dieser Bergrücken ist verschieden; Nordwest-Südost-, Ost-West-, Nord-Süd-Streichen überwiegen jedoch. Die großen tektonischen Linien der Umrandung kommen somit auch im Lande selbst zum Ausdruck.

Während Mesopotamien als Ganzes zwar orographisch, aber nicht geologisch eine Mulde darstellt, sind die randlichen Erhebungen meist sehr flache Gewölbe mit einer Flexur nach innen. Der geologische Bau des Landes läßt einen mehrfachen Wechsel von Meeresbedeckung und Festlandsstadium erkennen. Zur Kreidezeit bestand eine Verbindung des Mittelländischen Meeres mit dem Persischen Golf. Im Beginn der Tertiärzeit lag das Land über dem Meeresspiegel, und seitdem wurde es wiederholt fast in seiner Gesamtheit unter den Meeresspiegel gesenkt und wieder gehoben, dabei vielfach von Bruchlinien durchsetzt, aber nur in geringem Grade in einzelne Schollen zerstückelt.

Die Grenzen Mesopotamiens bildet im Osten der Fuß des Westiranischen Randgebirges, die Ketten des in nordwest-südöstlicher Richtung an der persischen Grenze entlang ziehenden Sagros, gegen den die Abgrenzung ziemlich schwierig ist. Im Norden begrenzt das Hochgebirge der Osttaurischen Scholle, im Westen die Hochschollen Syriens unser Gebiet. Im Südwesten und Süden tritt bis dicht an das rechte Euphratufer die Syrische Steppe heran, die allmählich in das wüstenhafte Arabische Hochland übergeht. Auch der Karunfluß, der südlichste der von Osten kommenden Nebenflüsse des Zweistromsystems, gehört noch zu Mesopotamien. Die so umzogene Fläche umfaßt ein Gebiet, so groß wie zwei Drittel des Deutschen Reiches. Vom Tigris gehört nur ein kleiner Teil des Quellgebiets, vom Euphrat der ganze Oberlauf oberhalb der Stromschnellen von Gerger nicht zu Mesopotamien.

Ähnlich einheitlich wie der Bau ist auch das Klima. Das Land liegt nahe der Grenze zwischen dem sommertrockenen Mittelmeerklima und dem vorderasiatischen Monsungebiet mit Sommerregen. Von dem letzteren ist aber in Mesopotamien nichts zu merken, vielmehr ist das Klima in mancher Hinsicht dem mittelmeerischen verwandt, vor allem durch die Regenlosigkeit des Sommers; denn von Mai bis Oktober fällt kaum ein Tropfen Niederschlag. Leider mangelt es sehr an genaueren Beobachtungen über die klimatischen Verhältnisse. Zuverlässige barometrische Beobachtungen wurden bisher nicht angestellt, und nur von 6 Stationen liegen Windbeobachtungen vor. Namentlich im Süden sind die Regenmengen sehr gering, die Temperaturen um so höher. Trotzdem kann man nicht von tropischem Klima sprechen, denn die Winter sind kalt. Das Klima hat also einen ausgesprochen kontinentalen Charakter, ist demnach zu definieren als ein mittelmeerisches mit stark kontinentalem Einschlag. Dem Klima entspricht das Pflanzenkleid des Landes. 90 % sind Steppe, d. h. Land, das während und nach der Regenzeit im Grün frischer Vegetation prangt, in der andern Jahreshälfte dürr und öde daliegt. Dann merkt man es dem Steppenboden, wenigstens in der Südhälfte Mesopotamiens, kaum an, daß es jemals Vegetation getragen hat.

Man kann Mesopotamien in drei große natürliche Landschaften einteilen: 1. Nieder-Mesopotamien oder Irak, das vom Persischen Golf bis etwas nördlich von Baghdad reicht. Es ist eine nur durch Flußalluvionen gebildete völlige Ebene, das alte Babylonien, heute ein Land der Sümpfe und des Fiebers mit riesigen Ruinenstätten, unzähligen Scherbenhügeln und einem wahren Labyrinth von Resten und Trümmern alter Kanalbauten. 2. Mittel-Mesopotamien oder el-Dschesire, aus tertiären Schichten aufgebaut. Es umfaßt das dreieckige Gebiet zwischen dem mittleren Euphrat und Tigris und dem Südfuß der am weitesten nach Süden reichenden Gebirge. Mit Ausnahme der Teile in nächster Nachbarschaft der Flüsse stellt es ein wenig wertvolles Weideland dar, eine als Schiefebene langsam nach Nordwesten bis zu etwa 300 m Höhe ansteigende Steppentafel. Die Vegetation auch der Südhälfte des Gebietes ist nicht, wie es seitens des österreichischen Pflanzengeographen *v. Handel-Mazzetti* geschehen ist, als Wüste, sondern als Trockensteppe zu bezeichnen, da die Flächen mindestens während eines Vierteljahrs als Weideland benutzt werden können. 3. Ober-Mesopotamien reicht vom großen Euphratbogen nach Osten zum Tigris und dann über die Gegend von Mosul nach Südosten bis zum Dijala. Hier treten mannigfaltige Formen auf, viele selbständige Bergländer, dazwischen jedoch Ebenen und Becken. Ober-Mesopotamien ist der Teil des Landes, in dem der Regenfall bereits so ergiebig wird, daß Ackerbau ohne Bewässerung möglich ist, was in den südlichen zwei Dritteln nicht der Fall ist. Die Hauptstadt ist Mosul, mit 40 000 bis 80 000 Einwohnern (so ungenau sind die Schätzungen), in sehr ungesunder Gegend. Gegenüber, am linken Tigrisufer, erheben sich die Ruinen von Ninive, der alten Hauptstadt Assyriens. Ober-Mesopotamien hat eine wesentlich andere Flora als der Süden. Vor allem sind die Bäume häufiger, wenn auch eigentliche Wälder in unserem Sinne nicht vorkommen.

Das vereinigende Band, welches diese drei Teile Mesopotamiens zu einer Einheit zusammenschließt, ist das Doppel-Stromsystem des Euphrat und Tigris. Ersterer ist doppelt, letzterer anderthalbmal so lang wie der Rhein. Die mittlere Wasserführung beider zusammengenommen ist jedoch nur etwa ebenso groß wie diejenige des Rheins unterhalb Wesel. Im Anschluß an die winterliche Regenzeit tritt das Hochwasser regelmäßig im Frühjahr ein, mit höchstem Stand im April, tiefstem im Oktober. Die Flüsse entwässern etwa 17 % des Landes beständig, 53 % nur zeitweise, während 30 % dauernd abflußlos sind. Der Schatt el-Arab, zu dem sich beide Flüsse im untersten Teile ihres Laufes vereinigen, hat zwei Barren, die es nur Schiffen mit höchstens 5 m Tiefgang gestatten, bis Basra zu fahren, das einen bedeutenden Schiffsverkehr und eine große Zukunft hat. Interessant sind hier die Gondeln, die in ihrer Form den venezianischen durchaus ähneln und auf die früheren Beziehungen zu Venedig hindeuten. Nur hier im Süden finden wir größere Palmenhaine. Im nördlichen Irak bilden sie nur schmale Kulissen an den Stromufern. Nur im Unterlaufe des Tigris kann von richtiger Schiffahrt und auch von richtigen Schiffen die Rede sein. Zwischen Dijarbekr und Samarra ist ein Wassertransport nur stromabwärts möglich. Man bedient sich dazu jener seit fünf Jahrtausenden benutzten Flöße, die aus aufgeblasenen Kleinviehhäuten zusammengesetzt sind; jeder Schlauch besitzt etwa 25 kg Tragfähigkeit. Diese „Kelek" werden am Bestimmungsort auseinandergenommen, die Schläuche von Luft entleert, zusammengepackt und auf dem Landwege wieder stromaufwärts

transportiert. Ein anderes Fahrzeug ist die „Guffa", ein großer kreisrunder, mit Pech gedichteter Korb, der namentlich zum Übersetzen von einem Ufer nach dem anderen benutzt wird. Auf dem Euphrat, wo die Schiffahrt noch schwieriger ist, benutzt man für den Verkehr stromabwärts fährenartige plumpe Holzkästen, die am Bestimmungsort zerkleinert und als Holz verkauft werden.

Auch sonst sind die Verkehrsverhältnisse heute noch außerordentlich schwierig. Es gibt im ganzen Lande keinen einzigen guten Weg von der Art unserer Landstraßen. Um so größere Bedeutung kommt der Baghdadbahn zu, von deren Fertigstellung die Zukunft des Landes abhängt. Leider fehlt zurzeit noch ein 600 km langes Stück an der Vollendung der Bahnstrecke.

Die Zukunft Mesopotamiens ist in seiner Weltlage begründet. Es ist ein Durchgangsland zwischen dem Mittelmeer und dem Indischen Ozean einerseits und zwischen Innerasien über Iran nach Syrien und Ägypten andererseits. Es kreuzt sich die Nordwest-Südost-Richtung mit derjenigen von Westen nach Osten. Von letzterer ist das Wegstück Mosul—Aleppo besonders wichtig.

Die Bevölkerung ist gering. Sie beträgt nur 2.7 Millionen, von denen die Hälfte Araber oder wenigstens arabisiert sind. Dieser Teil der Bevölkerung zerfällt in Nomadenstämme und ansässige Bauern. Demnächst sind die Kurden, namentlich in Ober-Mesopotamien, der wichtigste Stamm. Außerdem spielen Armenier, Perser, Inder, Syrer und Hebräer eine Rolle. In Baghdad wohnen allein 40 000 Juden. Die herrschende Bevölkerung sind die Türken, die überall als Beamte und Soldaten sitzen.

Die Tatsache, daß heute nur etwa ein Sechstel der Fläche bewirtschaftet wird, die im Altertum bebaut wurde, ist auf den allgemeinen Rückgang der Kulturen in Mesopotamien zurückzuführen, auf die Vernachlässigung der Schutzvorrichtungen für den Ackerbau und der Kanalbauten sowie auf die völlige Ablenkung der Handelswege, namentlich des einstigen Großhandelsweges nach Indien. Pläne zur Wiederbelebung der Kulturen liegen vor in den großartigen Bewässerungsprojekten des englischen Ingenieurs *Willcocks*. Da es jedoch vor allem an Menschen fehlt, so kann diese Arbeit nur langsam vor sich gehen. England hofft den Bevölkerungsüberfluß Indiens nach Mesopotamien ableiten zu können. Der gesamte Handel betrug vor dem Kriege nur etwa 60 Millionen Mark in Ein- und Ausfuhr, wovon ein Drittel auf den Transithandel mit Persien kommt.

Der Vortrag wurde durch zahlreiche Lichtbilder erläutert, die der Redner zum Teil Geheimrat Professor *M. Reich* und Dr. *V. Pietschmann* verdankt. Besonderes Interesse boten die Ansichten von den Siedlungen des Landes, wie Urfa, Dijarbekr, Mosul, Ana, Baghdad, Hit, Samarra, Kerbela, Nedschef, Basra, ferner das für Bewässerungszwecke benutzte hohe Wasserrad, die „Naura", mit welcher das Wasser aus dem Fluß geschöpft wird, sowie zahlreiche Bilder von „Tells". Die so benannten Hügel gehören zu den auffallendsten Charakterzeichen der Landschaft. Ihre geologische Entstehung kann sehr verschiedenartig sein. Einige sind vulkanischen Ursprungs, andere durch Erosion isoliert. Sie trugen in alten Zeiten menschliche Siedlungen. Am interessantesten aber sind die Tellformen, die der Hand des Menschen ihre Entstehung verdanken, sei es, daß es sich um absichtlich aufgebaute künstliche Hügel handelt, oder daß solche Hügel unbeabsichtigt durch den Zerfall alter Bauten entstanden. Auf diesen wurden häufig später neue Siedlungen angelegt, und wir finden oft die Reste von einem Dutzend alter Siedlungen übereinander. So entsteht schließlich aus den Schuttmassen vergangener Kulturepochen ein ansehnlicher Hügel, ein „Tell". *O. B.*

Ornithologische Mitteilungen.

Durch eine im Jahre 1915 erlassene Verfügung des Kgl. Regierungs-Präsidenten in Danzig wurde in der Gegend von Neufahrwasser eine **neue Vogelschutzstätte an der Ostseeküste** geschaffen. Der östlich der Ostmole am Weichseldurchbruch bei Östlich-Neufähr gelegene sogenannte Messinasee — genannt nach einem Schoner Messina, der 1867 dort strandete — und die östlich und südlich angrenzenden Alluvionen, die sogenannte Messinainsel, der Osthaken nebst dem nach der Ostsee vorgelagerten Dünengelände und das sumpfige Südufer des Messinasees, wurden mit Genehmigung der zuständigen Minister als Vogelschutzstätte erklärt. Sie umschließt ein Gebiet von rund 182 ha. Über die schwierigen Vorverhandlungen mit den verschiedenen Behörden, über die Pflanzenwelt und die das Gebiet bewohnenden und besuchenden Vögel finden sich in dem Schlußheft des 3. Bandes (1916) der von *Conwentz* herausgegebenen Beiträge zur Naturdenkmalpflege von *Herrmann*, *Preuß* und *Ibarth* erstattete interessante Berichte.

Während sich sonst der Naturschutz von Gesellschaften und Einzelpersonen in ornithologischer Hinsicht vornehmlich Gebieten zugewendet hat, in welchen seltene Arten gehegt und als Naturdenkmäler vor dem völligen Erlöschen und Verschwinden geschützt, in denen Brutkolonien von Seevögeln in ihrem Bestande erhalten und durch rationellen Schutz in ihrer Entwicklung gefördert wurden, ist hier am Messinasee ein Schutzgebiet für Vogelarten geschaffen worden, die weder als seltene noch in irgend einer Weise in ihrem Bestande bedrohte bezeichnet werden können. Prof. *Ibarth* in Danzig, der den ornithologischen Bericht erstattet, führt in einem Verzeichnis der in dem Gebiet beobachteten Vögel 123 Arten auf, d. s. ca. 38 % der für Deutschland allgemein angenommenen Zahl. Von diesen 123 Arten entfallen 99 auf zufällige und unregelmäßige Besucher, so daß augenblicklich nur 24 Formen verbleiben, d. h. nur 12 % der für Deutschland rund anzunehmenden Brutvögel, die als Bewohner der Vogelschutzstätte anzusehen sind. Die von Prof. *Ibarth* aufgeführten nistenden Spezies sind bis auf eine, vielleicht nur vorübergehend vorkommende Art, durchgehends Formen, die im ganzen Ostseelitoral häufig vorkommen und, vielleicht mit Ausnahme von *Charadrus hiaticula hiaticula L.*, *Tringa alpina schinzi* Brehm — nicht Tringa alpina alpina L., wie *Ibarth* irrtümlich aufführt — und *Anas penelope L.*, im ganzen Gebiet der norddeutschen Tiefebene regelmäßig und in einzelnen Teilen derselben häufig brüten. Diese brütenden Arten kommen, als fest angesessene Formen, für eine Vogelschutzstätte allein in Betracht und bestimmen den ornithologischen Charakter des Gebietes.

Eine Art befindet sich allerdings unter diesen Brutvögeln, die ein besonderes Interesse für sich in Anspruch nehmen darf. *Ibarth* ist der Nachweis des Vorkommens der Bartmeise *Panurus biarmicus biarmicus L.* gelungen. Am Rande eines Rohrgeleges beobachtete er am 17. November und später in drei Stücken am 15. Juni Vögel genannter Art, so daß an dem

Brüten der Bartmeise in dortiger Gegend kaum gezweifelt werden kann. Die versteckte Lebensweise und die Unzugänglichkeit des Geländes entziehen diese Art der häufigeren Beobachtung. Die genannte Meise bewohnt heute Südeuropa, einen kleinen Teil Englands und Hollands. Aus dem Gebiet von Ostfriesland bis Holstein und Mecklenburg, in dem sie früher vorkam, ist sie seit Dezennien bereits verschwunden. Ob sie am Messinasee ein regelmäßiger, ständiger Brüter ist, wird die Zukunft lehren.

Die von *Ibarth* aufgeführten weiteren 99 Arten sind mehr oder weniger zufällige Erscheinungen, die heute auftreten und morgen fehlen, für das Gebiet als Vogelfreistätte aber nicht in Betracht kommen. Ob die relativ sehr geringe Zahl der Brutarten die Schaffung eines besonderen Vogelschutzgebietes an der genannten Örtlichkeit nötig machte, ist eine Frage lokaler Natur. Daß sich die Zahl der brütenden Arten, soweit die Bodenkonfiguration des Geländes dies eben zuläßt, unter den augenblicklich geschaffenen Schutzbedingungen sicher erhöhen wird, ist anzunehmen. Vorläufig bleibt die Zahl der in der Freistätte brütenden Arten, wie bereits bemerkt, eine ungemein geringe, wenn man erwägt, daß z. B. zur Brutzeit in einem Gebiet um Potsdam 73 Arten, von *Helffer* am Werbellin 76 Arten und von *Heinroth* in Golm bei Werder 48 Formen an einem Nachmittag festgestellt wurden.

Wie dem aber auch sei: Jedes Reservat, welches dem Schutze der Tierwelt dient, ist mit Freuden zu begrüßen. So auch das am Messinasee. Der Regierung darf man dankbar sein, daß sie wieder eine neue Vogelfreistätte in das Leben gerufen. Zugleich aber darf man auch auf die notwendige Schaffung einer ähnlichen Freistätte für die schöne Zwergmöwe, *Larus minutus* Pall, hinweisen, welche in Deutschland nur noch an wenigen Punkten des Ostseelitorales als Brutvogel vorkommt und deren Individuenzahl in den kleinen vorhandenen Kolonien mehr und mehr zurückgeht. Und von einer Abnahme bis zum völligen Erlöschen ist, wie schon oft betont wurde, nur ein Schritt!

Über die **Übertragung von Blütenstaub** männlicher auf weibliche Pflanzen durch Vögel hat Dr. *Stadler* in Lohr vor kurzem eine interessante Mitteilung veröffentlicht. Es wurde beobachtet, daß mehrere Kohlmeisen emsig in den Blütenkätzchen einer Salweide nach Insekten suchten, lange auf den Blüten verweilten oder sie abrupften. Dabei wurden sie über und über mit den gelben Pollen bedeckt. Zuweilen rüttelten sie wie Kolibri vor den Kätzchen. Dabei kam dem Beobachter der Gedanke, daß die Kohlmeisen auf diese Weise als Verbreiter des Blütenstaubes wirken müssen. Denn es ist selbstverständlich, daß sie, mit den Pollen männlicher Weiden bestreut, des öfteren auf weibliche Pflanzen überfliegen und hier eine Bestäubung vermitteln.

Über den **„Schwanengesang" der Vögel,** d. h. über die Gesangesäußerungen kranker und sterbender Vögel war vor einiger Zeit eine Kontroverse zwischen Prof. *Zimmer* in München und Dr. *Schönke* in Berlin entstanden. Ersterer hatte darauf hingewiesen, daß „Gesang und Paarungsruf der Ausfluß von geschlechtlicher Erregung oder von gesteigertem Empfinden überhaupt seien, nicht immer von Wohlbefinden, denn der todkranke Käfigvogel singt oft noch ein Sterbelied". An dieser Bemerkung nahm Dr. *Schönke* Anstoß und glaubte sie nach seinen Erfahrungen als eine sehr gewagte Behauptung bezeichnen zu dürfen. Nun hat Prof. *Braun*, wohl der beste lebende Gesangespsychologe, zu diesem Gegenstand Stellung genommen. Nach seiner Auffassung wäre es falsch, die Frage, ob kranke oder gar sterbende Vögel singen, mit einer kurzen eindeutigen Antwort zu bedenken. Mit Recht weist er darauf hin, daß sich die verschiedenen Arten in dieser Hinsicht grundverschieden verhalten, und daß außer den artlichen Unterschieden auch mit vielen individuellen Abweichungen gerechnet werden muß. Der Begriff der Krankheit, so führt *Braun* aus, ist viel zu weit, als daß wir ihn bei solchen Untersuchungen ohne viele Zusätze und Einschränkungen anwenden könnten. Einzelne Arten, die er beobachtete, zeigten hinsichtlich ihrer Erregbarkeit zuweilen ganz scharf ausgeprägte Eigentümlichkeiten. Auf Grund seiner ein Menschenalter umspannenden Erfahrungen pflichtet *Braun* Prof. *Zimmer* bei, daß „Schwanenlieder" todkranker Vögel durchaus in den Bereich der Möglichkeit gehören. Doch sind sie immerhin als recht seltene Erscheinungen zu bezeichnen.

H. Schalow, Berlin.

Mitteilungen aus verschiedenen Gebieten.

Einige Mitteilungen über den gegenwärtigen Stand des englischen Militärflugwesens sind dem Schlußbericht des Untersuchungsausschusses über Verwaltung und Führung des Königlichen Englischen Fliegerkorps („R. F. C.") zu entnehmen. (Vergl. *The Aeroplane* 27. XII. 16.) Der Bericht sucht sich im wesentlichen gegen die Anschuldigungen zu rechtfertigen, die gegen die Verwaltung und Führung des englischen Fliegerkorps erhoben worden sind; ein großer Teil desselben behandelt daher Fragen der inneren Organisation und der Beschaffung von Flugzeugen und Motoren. Nach den gemachten Angaben soll die Zahl der englischen Flugzeuge vor dem Kriege 179 betragen haben. Davon befanden sich 66 außerhalb des Landes und von dem Rest waren nur etwa 20 in kriegsbrauchbarem Zustande. Seitdem hat sich die Zahl um das 20-fache vermehrt und wächst beständig. Es wird Wert darauf gelegt, daß jeder Flugzeugführer Offizier ist oder doch bald dazu befördert wird; Nachwuchs ist stets in großer Zahl vorhanden. Auf die Ausbildung der Beobachter, die zum größten Teil den Armeeoffizieren entnommen sind, wird große Sorgfalt verwendet. Die Ausbildung derselben in Hinsicht auf Luftkampf und Gebrauch des Maschinengewehres ist noch ungenügend. Es wird hervorgehoben, daß der Dienst als Beobachter schwieriger und nervenaufreibender ist, als der Dienst als Flugzeugführer (ausgenommen dürfen hier wohl die Kampfflieger sein). Außer allgemeinen militärischen Kenntnissen muß der Beobachter über artilleristische Sonderkenntnisse verfügen. Unbedingt erforderlich ist dann Übung im Photographieren, Bombenwerfen und Maschinengewehrschießen. Ferner wäre noch ergänzend die Bedienung der funkentelegraphischen Einrichtung hinzuzufügen. Es wird vorgeschlagen, die Beobachter durch bessere Beförderungsaussichten mehr zu ermutigen. Das Ideal einer Flugzeugbesatzung wird in der Auswechselbarkeit zwischen Führer und Beobachter erblickt. Der Gedanke der Doppelsteuerung wird neuerdings wiederaufgenommen. Dadurch soll die Lage des Beobachters günstiger gestaltet werden, indem er bei Versagen des Führers die Möglichkeit besitzt, das Flugzeug zur Erde zu bringen. Diesem Projekt stand bisher die Meinung der Führer entgegen, welche in dem unzeitigen Eingreifen von seiten des Beobachters das Eintre-

ten von Unfällen befürchteten. Die Ansicht der Flugzeugführer über diesen Punkt hat sich neuerdings geändert, und nachdem sie sich mit dem Gedanken ausgesöhnt haben, will man die an und für sich alte Idee verwirklichen. Technische Schwierigkeiten in dieser Hinsicht liegen nicht vor. Der zweite Steuergriff soll abnehmbar sein und erst bei Bedarf eingesetzt werden. Es wird dann allerdings nötig, daß die Beobachter einige Übung in der Steuerung des Flugzeuges erhalten, und es wird die Ausbildungszeit noch weiter verlängert. Es wird darauf hingewiesen, daß die Maschinen früher mit zu vielen Vorrichtungen ausgestattet waren, zum Teile infolge Übereifers einzelner Führer (sog. Weihnachtsbaum-Maschinen). Dieses ist schon seit längerer Zeit verboten. Von den vier Hauptvorrichtungen (Bomben, Maschinengewehr, Funkentelegraphie und Lichtbildgerät) darf jetzt kein Führer mehr als zwei gleichzeitig mitnehmen.

Über die Vorherrschaft in der Luft ist dem vorliegenden Berichte folgendes zu entnehmen: Es wird zugegeben, daß die Vorherrschaft in der Luft innerhalb eines Zeitraumes von 6 Monaten, beginnend Oktober 1915, auf deutscher Seite lag. Dieser Zustand trat mit dem Auftauchen der Fokkermaschinen ein, gegen welche die englischen Beobachtungsflugzeuge kein wirksames Schutzmittel hatten, und es wird angegeben, daß beispielsweise in der ersten Hälfte des März 12 Todesfälle vorgekommen sind. Am meisten hatte unter den Fokkerflugzeugen der englische B. E.-Doppeldecker zu leiden, eine ziemlich langsame und wenig wendige Maschine, die jetzt stets Kampfflugzeuge als Begleitung erhält. Mit den neuen englischen Flugzeugen ist die frühere Vorherrschaft mehr als wiedergewonnen.

Zur Bekämpfung der Zeppeline wird die Ansicht vertreten, daß dieselben in ihren Heimathäfen vernichtet werden müssen. Allerdings werden die weiten Entfernungen als große Schwierigkeit angesehen. Man hofft indessen, dieses Ziel mit einem neuen Flugzeugtyp von bedeutender Geschwindigkeit und großer Tragkraft, der jetzt in großer Zahl angefertigt wird, zu erreichen. Ein Punkt der Anklageschrift besagt, daß in der Nacht vom 31. Januar 1916 14 oder 15 Maschinen zwecklos ausgesandt worden sind und ¾ der Führer getötet wurden. Zur Rechtfertigung wird angeführt: Es war ein Zeppelinangriff auf London als drohend gemeldet und der Aufstieg von Patrouillen um 7.35 und 9 Uhr abends befohlen, jedoch mit dem ausdrücklichen Zusatze, falls es das Wetter erlaubt. An den meisten Plätzen unterblieben wegen Bodennebel die Aufstiege. Eine Anzahl der eifrigsten Flieger stieg jedoch auf; bei den Landungsversuchen wurden 14 Maschinen beschädigt oder zerstört, vier Führer verletzt, zwei davon tödlich. Als Angriffsflugzeuge gegen Zeppeline wird ein besonderer Typ von hoher Eigenstabilität verwendet. Dadurch soll dem Führer bei Nacht die Steuerung des Flugzeuges möglichst erleichtert werden.

C. Wieselsberger, Göttingen.

Wenn in der jetzigen Zeit überall der Ruf ertönt: Baut Kartoffeln, Hülsenfrüchte, Ölfrüchte, Faserstoffe, sorgt für Getreide, für Viehfutter usw., so ist ebenso die Aufforderung berechtigt: Laßt keine Nährwerte zuschanden gehen, welche die Natur ohne unsere Mühewaltung erzeugt, die sie uns ohne unser Zutun schenkt, und die wir nur zu ernten brauchen, ohne vorher säen zu müssen. Man denke nur an die reichen Ernten, welche die Pilze abgeben, und die vielfach unbenützt zugrunde gehen. Die Streitfrage, ob die Pilze die ihnen zugeschriebenen Nährwerte in der Tat besitzen, und ob sie den hohen Eiweißgehalt wirklich, und wenn, ob sie das Eiweiß in für den Menschen verdaulicher Form enthalten, ist, wie *G. Dittrich* in seiner Schrift **Mittel und Wege zur Pilzkenntnis** (Sonderabdruck aus dem 93. Jahresbericht der Schlesischen Gesellschaft für vaterl. Kultur) mitteilt, durch einwandfreie Versuche gelöst und bejaht worden. In vielen Aufrufen ist von maßgebenden Stellen das Publikum häufig ermahnt worden, sich Pilze zu sammeln, sie zu trocknen oder aus denselben Auszüge zu bereiten, um in Zeiten, wo andere Nahrungsstoffe zu fehlen pflegen, gute Ersatzstoffe zur Verfügung zu haben. So richtig derartige Aufforderungen gemeint waren, scheiterte der Versuch des Pilzsammelns meist an der Unkenntnis der Sammler, die sich fürchten, anstatt brauchbarer Pilze schädliche und giftige mitzunehmen und so sich und ihre Angehörigen durch den Genuß schweren Krankheiten auszusetzen. Es ist deshalb anerkennenswert und verdienstvoll, daß der Verfasser in obiger Schrift dem Volke praktische Winke erteilt, wie man sich eine ausreichende Pilzkenntnis verschaffen kann. Der Verfasser ist dazu besonders berechtigt, diese Aufgabe zu erfüllen, weil er bewandert in der Pilzkunde, sich dadurch ein besonderes Verdienst erworben hat, daß er die in den letzten Jahren in Deutschland bekannt gewordenen tödlichen Vergiftungen durch Pilze gesammelt und gesichtet hat und hierbei feststellen konnte, daß nicht alle bisher als besonders giftig bezeichneten Pilze wirklich diesen Ruf verdienten. Die Pilzkunde ist nicht ganz einfach zu erlernen. Berufene und Unberufene haben eine Menge von Pilzbüchern herausgegeben. Aus diesen Büchern dasjenige herauszusuchen, was für den Einzelnen paßt, ob er Anfänger ist oder schon einige Kenntnisse der Materie besitzt, ist schwierig, oft unmöglich. Der Verfasser trifft eine Auswahl von empfehlenswerten Pilzbüchern, schildert das einzelne Buch nach seinem Inhalt, seinen Abbildungen und seinem Preise und setzt dadurch den Leser in den Stand, sich dasjenige auszusuchen, was ihm für seinen Geldbeutel und seine Bedürfnisse paßt.

Wie man einen Pilz aus einem Bestimmungsbuch feststellen kann, wird ebenfalls an einem Beispiel gezeigt. Besser als alle theoretischen Erklärungen, selbst wenn sie durch gute Abbildungen unterstützt würden, sei es, sich der Führung eines gediegenen Pilzkenners auf seinen Wanderungen anzuschließen. Verfasser hat selbst solche Wanderungen ausgeführt. Pilzausstellungen, Pilzauskunftsstellen und Verdeutschung der offiziellen lateinischen Namen werden ebenfalls durch den Verfasser berührt, so daß jeder, der sich eine genügende Kenntnis der Pilze verschaffen will, die vorliegende aufklärende Schrift sich vorher kommen lassen sollte; er wird dieselbe mit Erfolg benutzen.

F. Duysen, Berlin.

Über ein **Kulturverfahren zur Vermehrung der Getreideerzeugung** berichtet *H. Devaux* (C. R. *164*, 191, 1917). Er glaubt auf Grund der von ihm seit 1915 angestellten Untersuchungen durch einfache Änderungen des Kulturverfahrens den Ertrag des Getreidebaues bedeutend vermehren zu können. Nach Beobachtungen, die in alter und neuer Zeit angestellt, und nach Erfahrungen, die seit undenklicher Zeit in China gemacht worden sind, besitzt nämlich das Getreide in der ersten Zeit seiner Entwicklung ein außerordentliches Sprossungsvermögen. Wenn beim Getreidebau diese Fähigkeit begünstigt wird, so kann eine einzige Wurzel gewaltige Büschel treiben, die mehr als 50 und 100 Stengel enthalten. Büschel

von 300 und 400 Ähren sind ganz gewöhnlich in der Mandschurei, und nach Dr. *Rey* soll der Ertrag eines Hektares an Getreide dort auf 150 Hektoliter zu schätzen sein.

Die von *Devaux* 1915 und 1916 angestellten Versuche bestätigen dies. Nach ihm sind die wichtigsten Bedingungen für die Erzielung einer kräftigen Sprossung und guter Ernten folgende: 1. Frühzeitige Aussaat, welche den Pflanzen die Möglichkeit gibt, vor dem Winter kräftig Schößlinge zu treiben; 2. Zwischenraum zwischen den Saatreihen, damit diese kräftiger entwickelten Pflanzen mehr Licht und mehr unausgenutzten Boden zu ihrer Verfügung haben; 3. wiederholte Häufelung (zwei- oder dreimal), wodurch eine rasche Vermehrung von neuen Wurzeln und neuen Stengeln bewirkt wird; 4. die Umsetzung der Pflanzen, wobei man bis zu Abständen von 40 cm gehen kann. Hierdurch wird die Wirkung der Häufelung stark erhöht, doch ist diese letzte Operation nicht unerläßlich. Zu diesen besonderen Bedingungen treten noch die allgemeinen, die jeglichen Pflanzenbau begünstigen, wie Bearbeitung des Ackerbodens, Düngen, Jäten usw.

Zum Beweise dieser Behauptungen führt *Devaux* seine eigenen Erfahrungen an, die er durch Bestellung einer Fläche von 1000 qm in der Nähe von Bordeaux gesammelt hat. Bei diesen Versuchen, die er mit Unterstützung der Pariser Akademie ausgeführt hat, verwandte er vier verschiedene Getreidesorten (Blé hybride inversable de Vilmorin, blé rouge de Bordeaux, blé du Bon fermier und blé Riéti barbu). Diese wurden auf einem mageren, sandigen und steinigen Boden ausgesät, der bis zum April 1916 brach gelegen hat. Nach seiner Umbrechung wurde er zweimal gepflügt, mäßig gedüngt und am 19. August besät. Die Aussaat erfolgte in Reihen von 30 cm Abstand in 12 cm tiefen und breiten Furchen, in welche die Körner vor der Wiederbedeckung festgestampft wurden. Die Erde war feucht und die Temperatur hoch, so daß die Keimung rasch einsetzte. Nach drei oder vier Wochen wurde durch einfaches Hacken Erde auf die Keime gebracht, was eine leichte und vollkommen genügende Häufelung der jungen Pflanzen bewirkte. Diese entwickelten sich darauf sofort in ganz überraschender Weise. Durch üppige Sprossung wurden die meisten Stengel zu wahren Büschen, die 10, 20 bis zu 60 und 70 einzelnen Stielen zählten. Diese wunderbare Entwicklung ging im Oktober und November vor sich. Wenn man vorsichtig diese Büsche ausgräbt und die Erde aus ihrem Wurzelwerk auswäscht, so erkennt man, daß sie in der Regel aus einem einzigen Korn entsprossen sind. Der erste Zwischenknotenteil, in der Länge von 2 bis 3 cm, ist einheitlich bis zu dem Verzweigungsknoten, der einen wahren Stamm von 2 bis 5 cm Dicke bildet. Von dem mit blé de Bordeaux, der am wenigsten zur Sprossung geneigten Weizenart, bestellten Gelände wurden 6 qm, die 177 Pflanzen trugen, ausgegraben, von diesen hatten

92 kleine Stämme	432 Stiele,	im Mittel	4.7
51 mittlere „	561 „	„ „	11.0
34 große „	694 „	„ „	24.4
im ganzen 177 Stämme	1687 Stiele,	im Mittel	9,5

Im Mittel fanden sich also auf einem Quadratmeter 30 Büsche mit 261 Stengeln, von denen 116 durch nur 6 Büsche hervorgebracht waren. Wenn man diese sechs großen Büsche einer besonderen Behandlung durch Häufelung unterzöge, so würde man sicherlich noch größere erhalten, die 50 und 100 Stiele besäßen. Aber man könnte sie auch umpflanzen, und dies hat *Devaux* mit seinen vier Weizenarten getan. Die Umpflanzung ist vollkommen gelungen, obgleich sie im tiefen Winter vorgenommen wurde. Jeder Stamm hat in reichlichem Maße neue Wurzeln und Blätter getrieben.

Wir sehen also hiernach die sichere Möglichkeit vor uns, in Zukunft ganze Felder von Getreidebüschen zu haben, die verpflanzt oder auf derselben Stelle gewachsen sind, und von denen jeder 50, 100 oder mehr Stengel besitzt. Bei 6 bis 10 solcher Büschen auf dem Quadratmeter würde man wenigstens 500 Ähren auf dieser Fläche haben, was zum mindesten 50 Zentner Getreide auf den Hektar ergeben würde. Dies wäre vielleicht das Doppelte einer guten Ernte, wie sie bei dem bisherigen Kulturverfahren erreicht wurde. Die außerordentlichen und fast fabelhaften Ernten der Chinesen sind also keine Utopie: man kann sie in Frankreich verwirklichen durch einfache Änderungen des gewohnten Kulturverfahrens (*C. R. 164*, 191, 1917).

Eine **Bestätigung des Relativitätsprinzipes** glaubt *H. K. de Haas* gefunden zu haben bei einem Versuche, die Frage zu beantworten, ob die Schwere zu ihrer Auswirkung im Raume Zeit brauche. Bei dem Versuche wurden an den Enden einer Torsionswage zwei Kugeln von gleichem Gewicht (11,66 g) angebracht, die eine aus Platin (Dichte 21,5) und die andere aus Paraffin (Dichte 0,87). An dem Wagebalken war ein Spiegel befestigt, von dem ein darauf fallender Lichtstrahl auf einen sich 3,4 mm in der Stunde fortbewegenden Film zurückgeworfen wurde. Die Wage war so empfindlich, daß eine senkrecht zum Wagebalken wirkende Kraft von nur $2{,}96 \cdot 10^{-7}$ Dynen auf 1 g einer der Kugeln eine Ablenkung des Lichtfleckes auf dem Film um 1 mm hätte bewirken müssen. Die Bewegung des Apparates mit dem Sonnensystem erfolgt des Morgens mit einer Geschwindigkeit von 30 km in entgegengesetzter Richtung wie des Abends. Der denkbare Einfluß eines „Ätherwindes" auf den Apparat hätte sich das eine Mal auf der rechten und das andere Mal auf der linken Seite bemerkbar machen und so eine Drehung herbeiführen müssen. Der hierzu erforderliche Unterschied der Kraftwirkung auf die beiden Kugeln hätte nur $1{,}48 \cdot 10^{-7}$ Dynen zu betragen brauchen, und doch blieb jede Drehung aus, eine Ablenkung des Lichtfleckes konnte nicht beobachtet werden, obgleich der Äther durch ein Feld von Trillionen Dynen innermolekularer Anziehung hindurcheilte. *de Haas* berechnet nämlich die innermolekulare Anziehung für 1 g Platin zu $30{,}5 \cdot 10^{18}$ Dynen und für 1 g Paraffin zu $0{,}37 \cdot 10^{18}$ Dynen. Der Überschuß im Platin beträgt also $3 \cdot 10^{18}$ Dynen. Von diesen Kräften würden $^2/_3$ für eine etwaige Ablenkung der Wage in Betracht kommen, nämlich diejenigen, welche senkrecht zur Bewegung des Sonnensystems sind, und da diese Bewegung in 12 Stunden sich umkehrt, ist der doppelte Betrag in Rechnung zu ziehen. Von diesen $^2/_3 \cdot 2 \cdot 3 \cdot 10^{18}$ Dynen würden schon $1{,}48 \cdot 10^{-7}$ Dynen sich durch Drehung der Wage bemerkbar machen können, wenn die Ätherströmung die innermolekularen Kräfte von der Richtung ablenken könnte, die sie nach *Newtons* Prinzipien annehmen müßten. Der Winkel, um den sie abgelenkt werden, ist jedenfalls kleiner als 10^{-26}, das ist weniger als 1 Mikron auf eine Entfernung von 10 Lichtjahrtausenden. *de Haas* meint daher, daß durch diesen Versuch die Grundlehren der Relativitätstheorie mit größerer Genauigkeit bestätigt würden, als dies mit optischen Versuchen möglich sei (*Proc. Asterdam 18*, 591, 1916).

A. M.

Für die Redaktion verantwortlich: *Dr. Arnold Berliner*, Berlin W 9.
Verlag von Julius Springer in Berlin W 9. — Druck von H. S. Hermann in Berlin SW.